



MODELIZACIÓN HIDRÁULICA A PARTIR DE DATOS LiDAR EN EL RÍO PÁMANES

Trabajo realizado por:

Bruno Klaus Bruns

Dirigido:

Javier Sánchez Espeso

Agustín Ascorbe Salcedo

Titulación:

Grado en Ingeniería Civil

Santander, diciembre de 2018

TRABAJO FINAL DE GRADO



*Escuela Técnica Superior de Ingenieros de
Caminos, Canales y Puertos.
Universidad de Cantabria*

*Modelización hidráulica a partir de datos LiDAR
en el río Pámanes*



RESUMEN

Título: Modelización hidráulica a partir de datos LiDAR en el río Pámanes

Autor: Bruno Klaus Bruns

Directores: Javier Sánchez Espeso y Agustín Ascorbe Salcedo

Convocatoria: Diciembre 2018

Palabras clave: LiDAR, nube de puntos, superficie de inundación, Zona de Flujo Preferente, río Pámanes, Pámanes.

Se ha de realizar el estudio de inundabilidad de los ríos que circulan por un municipio a efecto de la ordenación del territorio del mismo. En el presente trabajo fin de grado se ha realizado este estudio para un tramo del río Pámanes a su paso por Pámanes en el municipio de Liérganes, en la comunidad autónoma de Cantabria, y junto a uno de sus afluentes, el regato de Sierra Llana.

El tramo de estudio comprende entre el Palacio y Museo de Elsedo y el núcleo urbano de Pámanes, para el regato de Sierra Llana, y a su paso por Pámanes para el río Pámanes.

Para la modelización se han considerado 76 perfiles.

Para la obtención de los datos cartográficos del terreno se ha partido de un vuelo LiDAR, formado por nubes de puntos clasificados, que se ha complementado con un levantamiento topográfico cuando ha sido preciso.

Diferenciando entre tramos, decir que en el regato de Sierra Llana discurre entre praderías la mayor parte del recorrido y también como canal al borde de la carretera autonómica CA-405.

En cuanto al Pámanes transcurre un pequeño tramo por el centro urbano de Pámanes y otro pequeño tramo paralelo a la carretera autonómica CA-904, lo demás queda entre praderas sin ningún tipo de restricciones.



Las superficies del cauce, también diferenciando entre tramos, el regato de Sierra Llana discurre sobre pequeños cantos rodados, mientras que en el río de Pámanes aumenta el tamaño de los mismos.

Entre los elementos singulares se destaca la presencia de 12 puentes de diferente tipología.

La vegetación está constituida por mezcla de árboles y arbustos, a los márgenes del cauce. Además, por detrás de la vegetación se encuentran praderías.

El objetivo que se plantea es la determinación, con la mejor aproximación posible, de la zona inundable generada por el río Pámanes, para períodos de retorno de 500, 100 y 10 años. También se añade el objetivo de determinar la Zona de Flujo Preferente.

Los programas utilizados para la modelización son HEC-GeoRAS y HEC-RAS. Para la aplicación del HEC-RAS, es necesario el conocimiento de los siguientes datos: geometría del cauce, realizada a través de HEC-GeoRAS, coeficientes de rugosidad, caudal de avenida y condiciones de contorno.

En las conclusiones obtenidas, destacar que el conjunto de datos LiDAR utilizado no ha resultado tan completo como se indicaba en las especificaciones en cuanto a cobertura y bondad de la clasificación, sobre todo en la zona más próxima al cauce. Por este motivo para la formación del modelo digital de terreno se ha llevado a cabo utilizando la nube de puntos y una modelización 3D del cauce.

Indicar también que la obtención de los valores de rugosidad de Manning, necesarios para el cálculo hidráulico, se ha realizado de forma continua en base a los usos de suelo obtenidos desde la cartografía a escala 1:5.000 autonómica.

Además, ha sido necesaria la obtención de la cuenca vertiente en el punto de interés, situado en el extremo aguas abajo de la zona de trabajo, para obtener



los caudales de los distintos períodos de retorno. Esta delimitación se hizo por varios métodos para contrastar valores, los cuales han sido coherentes.

En relación a los resultados del estudio hidráulico se presentan las siguientes conclusiones. Para el caudal de avenida de 10 años de período de retorno, en el tramo del regato de Sierra Llana, se producen inundaciones entre las cuales cabe destacar que la zona inundada afecta sobre todo a zonas de praderas y a la carretera autonómica CA-405. Ninguna edificación se ve afectada.

En cuanto al tramo del río Pámanes, se producen pequeños desbordes a lo largo del cauce, siempre en zona de pradera. En cuanto a edificaciones, se ve afectada una pequeña edificación justo al borde del cauce a pocos metros del perfil 71.

Para un período de retorno de 100 años, en el tramo del regato de Sierra Llana, se ven afectadas praderas y la carretera autonómica, al igual que en el período de 10 años. Sin embargo, en este caso dos edificaciones se ven afectadas.

Para este período de retorno en el río Pámanes, se producen desbordamientos sobre praderas como en el anterior, pero con mayor extensión. En cuanto a edificaciones queda expuesta la misma anteriormente mencionada.

Para un período de retorno de 500 años, en el tramo del regato de Sierra Llana, se producen desbordamientos en mayor medida en praderas y en la carretera autonómica. En cuanto a edificaciones quedan afectadas las mismas anteriormente mencionadas, añadiendo a éstas, edificaciones aguas abajo del perfil 28, varias edificaciones aguas arriba del puente 9, y por último, en la margen izquierda del cauce, en el puente 10.

En el tramo del río Pámanes se observan mayores zonas inundadas en praderas y varias edificaciones afectadas por la mancha de inundación.

Los desbordamientos se producen a ambos lados del cauce, en este caso en el margen izquierdo afectan a la carretera autonómica CA-904.



En cuanto a los resultados de la Zona de Flujo Preferente, decir que ésta se asemeja en gran parte a la zona de inundación de 100 años, afecta levemente algunas praderías. En cuanto a edificaciones, solo hay una afectada, la cual queda totalmente cubierta.

Bibliografía:

- Datos descriptivos de la cuenca.
<http://dmacantabria.cantabria.es/visorWeb/pdf/RIOS/Miera.pdf>
- IDE Cantabria (<http://cartografia.cantabria.es/>)
- IDEE (<https://www.cnig.es/>)
- Alonso Aragonés, David (2016). Modelización Hidráulica a partir de datos LiDAR. TFG Ingeniería Civil, Universidad de Cantabria.
- Miera Domínguez, Helena (2015). Modelización Hidráulica a partir de datos LiDAR en el río Miera. TFG Ingeniería Civil, Universidad de Cantabria.
- Ministerio de Medio Ambiente Rural y Marino. Guía metodológica para el desarrollo del sistema nacional de cartografía de zonas inundables. Madrid, 2011.
- Especificaciones PNOA vuelo combinado.
<http://www.icv.gva.es/pdfs/100113-especificaciones-pnoa-vuelocombinado.pdf>



SUMMARY

Title: Hydraulic Modelling from LiDAR data in Pámanes river

Author: Bruno Klaus Bruns

Directors: Javier Sánchez Espeso y Agustín Ascorbe Salcedo

Date: December 2018

Key words: LiDAR, point cloud, flooding area, Preferential Flow Area, Pámanes river, Pámanes.

Because of the spatial planning in a municipality, a flooding study has to be made for the rivers that flow through it. In this dissertation has been made the study for a section of Pámanes river trough Pámanes and a tributary of it, “regato de Sierra Llana”, inside the municipality of Liérganes, in Cantabria.

The study of “regato de Sierra Llana” includes from Elsedo’s Palace and Museum to the city center of Pámanes. For the Pámanes river the study takes all the way through Pámanes.

It’s been considered 76 cross sections for the modelling.

It’s been used a LiDAR flight, composed of classified point cloud, to obtain cartographic data.

Distinguishing between sections, the “regato of Sierra Llana” flows between meadows and another part as a channel next to the road.

Pámanes river flows almost all the stretch between meadows, but another two parts of it, flows through the urban center of Pámanes and next to the road.

Both sections, “regato de Sierra Llana” and Pámanes river have riverbeds composed of boulders, the first one has smaller ones and Pámanes river a bigger ones and rocks.

There are present some special elements like 12 bridges of different typology. The vegetation around the banks is composed of trees and wild bush, behind them are meadows.



The objective with this project is to generate the best approximation of the flooding area of Pámanes river, for the return periods of 10, 100 and 500 years. In addition to it, there is another objective, determine the Preference Flow Area.

The programs that has been used to model are HEC-RAS and HEC-GeoRAS. To be able to application of HEC-RAS its necessary the following data: riverbed geometry, rugosity coefficients, flood flows and boundary conditions.

The obtained conclusions show that the LiDAR data it's not as complete as expected. Because of it, has to be taken the decision of making the digital terrain model from point cloud data and 3D modelled channel.

Show too that the Manning rugosity values, needed for the hydraulic calculation, has been obtained in base to the cartography in 1:5000.

It's been necessary to obtain the basin in the point of interest, located downstream of the working zone, to obtain the flows for the different return periods.

In terms of hydraulic results, the following conclusions are shown. For the flood flow of 10 years of return period, reach of "regato de Sierra Llana", some floods are produced affecting meadows and the road CA-405.

In the reach of Pámanes river, some little floods are produced, except the last section, everything meadow zones. A little edification is affected near the 71st cross section.

For the flood Flow of 100 years of return period in the reach of "regato de Sierra Llana", are affected meadows and the road CA-405, like last period, and in addition two edifications are affected too.

In the Pámanes reach same flood areas affected, but bigger.

For the flood flow of 500 years of return period in the reach of "regato de Sierra Llana", bigger flood areas affected in the same zones that the previous return periods. In addition, some other edifications are affected.



In the Pámanes reach bigger flood areas are observed and some edifications are affected.

Flooding is affecting both sides of the river, and affecting the CA-904 road.

The Preference Flow Area is similar to the 100 years of return period flooding area. Is affecting some meadows and in terms of edifications, it affects one, that is totally covered.

Bibliography:

- Datos descriptivos de la cuenca.
<http://dmacantabria.cantabria.es/visorWeb/pdf/RIOS/Miera.pdf>
- IDE Cantabria (<http://cartografia.cantabria.es/>)
- IDEE (<https://www.cnig.es/>)
- Alonso Aragonés, David (2016). Modelización Hidráulica a partir de datos LiDAR. TFG Ingeniería Civil, Universidad de Cantabria.
- Miera Domínguez, Helena (2015). Modelización Hidráulica a partir de datos LiDAR en el río Miera. TFG Ingeniería Civil, Universidad de Cantabria.
- Ministerio de Medio Ambiente Rural y Marino. Guía metodológica para el desarrollo del sistema nacional de cartografía de zonas inundables. Madrid, 2011.
- Especificaciones PNOA vuelo combinado.
<http://www.icv.gva.es/pdfs/100113-especificaciones-pnoa-vuelocombinado.pdf>



*Escuela Técnica Superior de Ingenieros de
Caminos, Canales y Puertos.
Universidad de Cantabria*

*Modelización hidráulica a partir de datos LiDAR
en el río Pámanes*



1.	ANTECEDENTES	1
2.	PLANTEAMIENTO DEL PROYECTO	1
3.	DESCRIPCIÓN DE LA ZONA	2
3.1.	CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA CUENCA	2
3.2.	DESCRIPCIÓN DEL MEDIO	3
3.2.1.	Hidrología	3
3.2.2.	Geología y litología	5
3.2.3.	Geomorfología	6
3.2.4.	Usos del suelo.....	7
3.3.	TRAMO DE ESTUDIO.....	8
4.	CARACTERIZACIÓN TOPOGRÁFICA DE LA SUPERFICIE	14
4.1.	BASES CARTOGRÁFICAS DE REFERENCIA	14
4.2.	CONTROL DE CALIDAD INTERNO DE LOS DATOS LiDAR.....	15
4.3.	FORMACIÓN DEL MODELO DE TERRENO COMO TIN.....	17
4.3.1.	Datos de partida.....	17
4.3.2.	Formación del modelo de terreno	18
5.	DATOS HIDRÁULICOS	20
5.1.	CARACTERIZACIÓN HIDRÁULICA	20
5.2.	CAUDALES Y CONDICIONES DE CONTORNO	21
6.	SITUACIONES CONSIDERADAS	26
6.1.	ZONA INUNDABLE	26
6.2.	ZONA DE FLUJO PREFERENTE.....	27
7.	PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	27
7.1.	ZONA INUNDABLE	27
7.1.1.	Contraste topográfico con datos de control	28
7.1.2.	Mapas de inundación	29
7.1.3.	Mapas de velocidades	41
7.2.	ZONA DE FLUJO PREFERENTE.....	41
8.	CONCLUSIONES	42
	ANEJO I. PLANOS	1
	ANEJO II. FOTOGRAFÍAS	1
	ANEJO III. OBTENCIÓN DE LOS VALORES DE RUGOSIDAD	1
	ANEJO IV. OBTENCIÓN DE LA ZONA DE FLUJO PREFERENTE	1
	ANEJO V. RESULTADOS HIDRÁULICOS	1



***Escuela Técnica Superior de Ingenieros de
Camino, Canales y Puertos.
Universidad de Cantabria***

***Modelización hidráulica a partir de datos LiDAR
en el río Pámanes***



1. ANTECEDENTES

El Plan General de Ordenación Urbana es un instrumento de planeamiento general definido en la normativa urbanística de España como un instrumento básico de ordenación integral del territorio de uno o varios municipios, a través del cual se clasifica el suelo, se determina el régimen aplicable a cada clase de suelo, y se definen los elementos fundamentales del sistema de equipamientos del municipio en cuestión. Para ello es necesario llevar a cabo una serie de informes y estudios entre los cuales se encuentra el estudio de inundabilidad.

Por ello se ha llevado a cabo el estudio de inundabilidad en Liérganes, en la localidad de Pámanes.

Se tienen antecedentes de crecidas donde existen una alta probabilidad de inundación en la carretera autonómica CA-405, Obregón-Pámanes, y el puente a su paso por la localidad.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROYECTO

Los objetivos principales del presente estudio son, determinar, de la forma más aproximada posible, la zona de inundación que generaría el río Pámanes a su paso por Pámanes para los períodos de retorno de 500, 100 y 10 años, y una vez realizada la modelización hidráulica para el período de retorno de 100 años, se determina también la Zona de Flujo Preferente, que junto con la zona inundable es otro objetivo a conseguir.

Para la determinación de dichos objetivos se parte de la siguiente información:

- Bases cartográficas.
- Datos LiDAR.



- Datos de referencia conseguidos a través del IDEE (Infraestructura de Datos Espaciales de España).
- Datos de partida, tanto de cálculo como de control, entregados por los tutores.

Con los datos recopilados se comienza editando convenientemente los datos LiDAR para formar el mejor modelo posible, se realizan el estudio y simulación hidráulica en base a los modelos realizados y se exportan los resultados para luego representarlos. Dichos resultados serán contrastados con datos de referencia.

Para la consecución de dichos objetivos los entornos software de trabajo más relevantes que se utilizan son ArcGIS, HEC-RAS y MicroStation.

La modelización cartográfica será llevada a cabo en el entorno ArcGIS, mientras que la modelización hidráulica se ejecutará en el entorno de HEC-RAS.

El software CAD MicroStation se utilizará para la edición y control de los datos LiDAR.

3. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA

3.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA CUENCA

El presente curso fluvial que atañe, pertenece a la cuenca hidrográfica del Miera, la cual abarca una superficie de 316 km².

Sus límites oriental y occidental están definidos por las divisorias con las cuencas vertientes de los ríos Asón y Pas, respectivamente. Por el Sur, la cuenca del río Miera está delimitada por los Montes de Valnera y el Picón del Fraile, que constituyen el límite territorial de la Comunidad Autónoma de Cantabria con la de Castilla y León. Al Norte, limita con las aguas de la Bahía



de Santander y la divisoria con la parte de la cuenca de la Costa Central que vierte al Mar Cantábrico en la zona que se extiende entre Loredó y Galizano. El río Miera, por el cual recibe el nombre la cuenca, recibe la aportación del río Pámanes, por la izquierda, pasada la localidad de Mirones, donde se produce el ensanchamiento de la cuenca.

Los planos de situación se encuentran en el Anejo I.

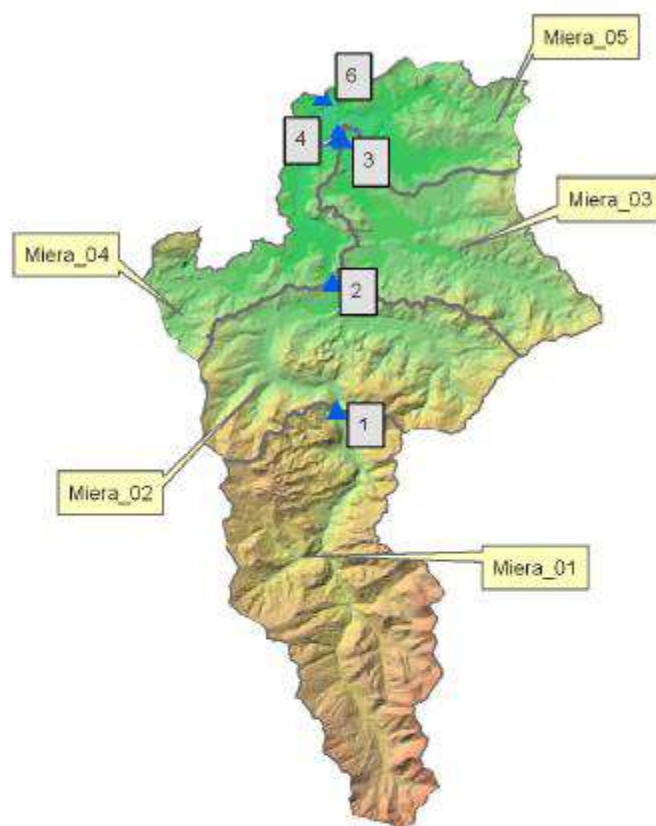
En el caso de la cuenca del río Pámanes, ésta cuenta con 34,7 km². Se encuentra en la parte central de la cuenca del Miera en la parte Oeste. Linda al Norte con Medio Cudeyo y al Sur con Lloreda.

3.2. DESCRIPCIÓN DEL MEDIO

3.2.1. Hidrología

El río Miera, curso principal que da nombre a la cuenca, nace en el Portillo de Lunada, a una altitud de unos 1.200m. Su longitud total es de unos 41 km hasta su desembocadura en la Bahía de Santander a través de la Ría de Cubas, presentando en general una orientación Sur-Norte a lo largo de su recorrido.

En la figura 1 se presenta un resumen de las principales características hidrológicas de la cuenca del Miera, con indicación de las aportaciones en diversos puntos de los cauces principales. Esta información se ha extraído del documento “Estudio de los recursos hídricos de los ríos de la vertiente norte de Cantabria” (GESHA, 2005a).



Localización	UTM-X	UTM-Y	Área de aportación (km ²)	Lluvia anual (mm)	Caudal medio (m ³ /s)	Aportación anual (Hm ³)	Aportación anual (mm)	Coefficiente de escorrentía
Punto-01	442660	4795780	97,01	1831,1	3,281	103,47	1066,6	0,58
Punto-02	442456,1	4801065,9	162,2	1772,9	5,199	163,96	1010,8	0,57
Punto-03	442864,7	4806872,8	52,53	1377,2	1,288	40,62	773,2	0,56
Punto-04	442675,3	4806992,9	214,73	1676,1	6,174	194,7	906,7	0,54
Punto-05	442692,3	4807097,6	260,39	1598,7	7,462	235,32	903,7	0,57
Punto-06	442063,9	4808647,4	296,38	1554,4	8,226	259,42	873,3	0,56

Figura 1. Indicaciones de las distintas aportaciones en la cuenca del Miera

Centrando la atención en el río Pámanes, nace en la confluencia de dos ríos, el río de Penagos y el regato del Encinal, en la ermita Nuestra Señora del Amparo. Discurre en dirección Noroeste hasta desembocar como afluente del río Miera, en Solares.

Dentro de los puntos de aportación vistos en la figura 1, se puede observar que el río Pámanes pertenece a la subcuenca que viene señalada como Miera_04.

3.2.2. Geología y litología

El relieve de la cuenca alta del Miera está fuertemente condicionado por el glaciario, conformando una característica sección transversal en “U”. Aguas abajo, coincidiendo con el municipio de Miera, el río transcurre encajonado entre los macizos cársticos y las estribaciones del Porracolina, al este, y Las Enguizas, por el oeste, ambos pertenecientes a la facies Urgoniana (Cretácico). Aquí es el fenómeno fluvial el que domina, con su típica formación en “V”, originado por la elevada capacidad erosiva de los cursos de agua que horadan el cauce.

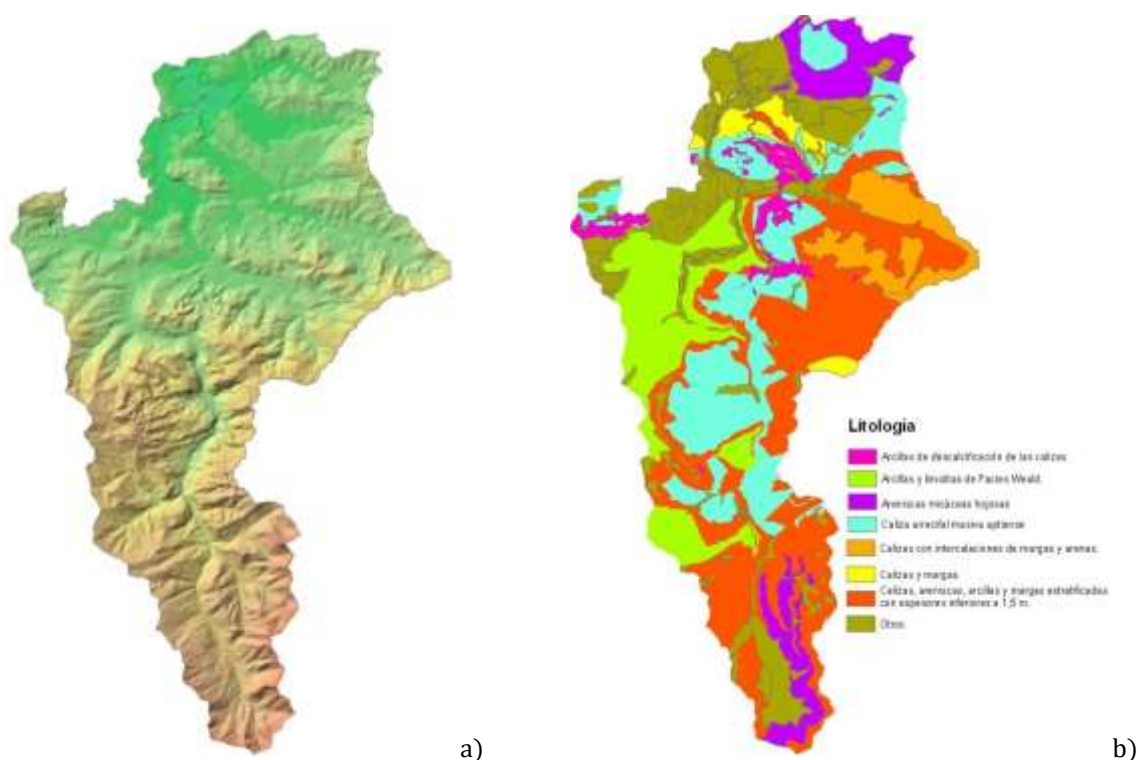


Figura 2. Mapa del relieve de la cuenca del río Miera y características litológicas de la misma

En la imagen de la Figura 2a, basada en la cartografía a escala 1:25.000 de la Comunidad Autónoma de Cantabria, se representa su topografía. La litología de la cuenca alta del Miera está dominada por formaciones estratificadas de calizas, areniscas, arcillas y margas (Figura 2b). En la zona media del valle domina la caliza arrecifal del Aptiense, muy permeable. El cauce bajo del río

recorre los llanos costeros, con colinas muy suaves y llanuras formadas por aluviones que el propio río Miera fue dejando desde el Terciario. La desembocadura está formada por cambisoles y arenosoles.

En el Anejo I se encuentra la litología de la cuenca del río Pámanes más en detalle, donde la zona está dominada por formaciones estratificadas de calizas con rudistas, lutitas rojas y negras, areniscas y conglomerados, margas y margocalizas, ofitas, aluviales, terrazas, calizas grises, dolomías y carniolas.

3.2.3. Geomorfología

La cuenca hidrográfica del río Miera puede fragmentarse en cinco subcuencas (Figura 3), con base en las características geomorfológicas, climáticas, morfométricas e hidrológicas de las mismas (GESHA, 2005d).



Figura 3. Subcuencas definidas en la cuenca del Miera

De forma general, a lo largo de la cuenca del río Miera es posible observar un gradiente ascendente de altitud y pendiente media desde la zona litoral hacia el interior de la región, con máximos, en ambos casos, en la subcuenca de cabecera, denominada Mi_01 localizada íntegramente en los municipios de San Roque de Riomiera y Miera (figura 4a y 4b).

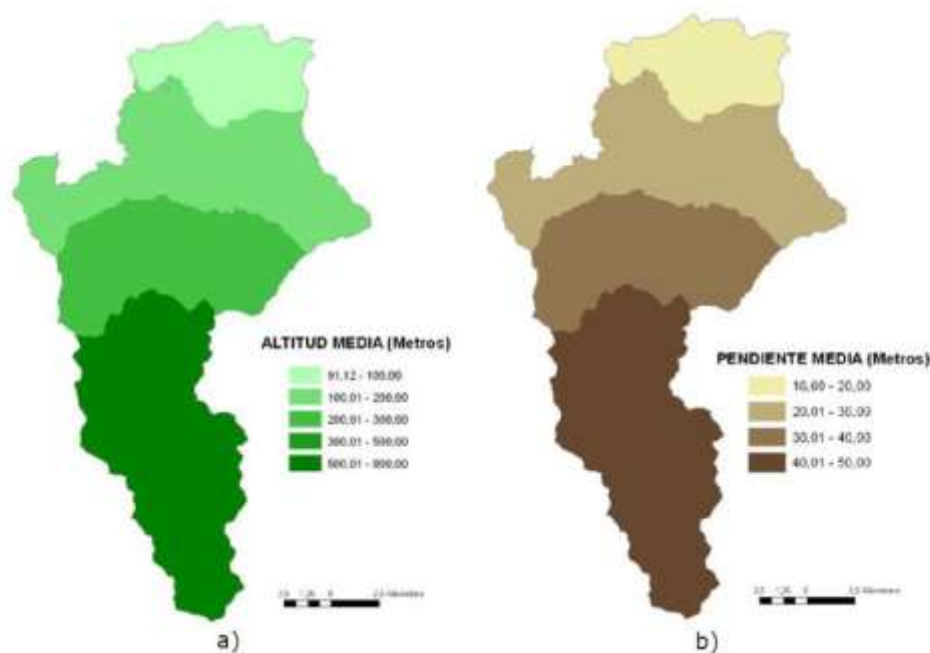


Figura 4. Altitud y pendiente media de las subcuencas definidas en la cuenca del Miera

En relación a la cuenca que afecta, se puede observar que la cuenca del río Pámanes pertenece, como ya se dijo en su momento, a la subcuenca nombrada como Mi_04, donde la altitud media no es muy elevada y la pendiente media como se puede ver en la imagen y corroborar en terreno, no es muy pronunciada.

3.2.4. Usos del suelo

De forma general como se ha hecho en los demás puntos, se detalla el análisis de los usos de suelo en la cuenca del río Miera, que permite corroborar la situación socioeconómica definida en apartados anteriores. La zona alta de la cuenca presenta grandes áreas cultivadas, así como grandes superficies forestales, tanto arboladas como desarboladas, mientras que en los tramos bajos de la cuenca las zonas de cultivo y forestales quedan confinadas a pequeñas parcelas aisladas, dominando las superficies urbanas figura 5.

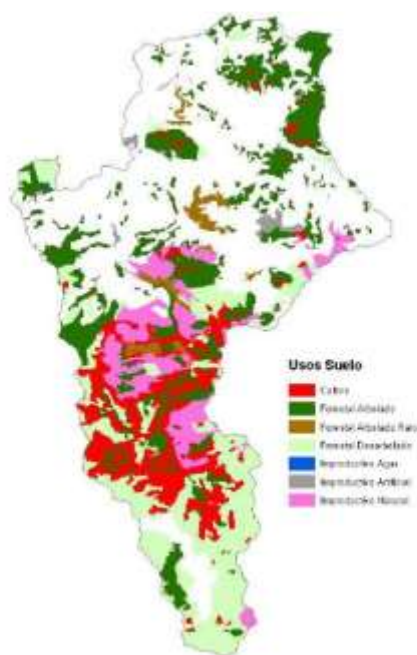


Figura 5. Usos de suelo en la cuenca del Miera

En el Anejo I se puede observar con más detalle los usos de suelo en la cuenca del río Pámanes, donde a diferencia de la cuenca del Miera, los usos están dominados por terreno agrícola, praderas y bosques y matorrales boscosos, y donde el tejido urbano es muy reducido.

3.3. TRAMO DE ESTUDIO

La zona de estudio corresponde a un tramo del río Pámanes a su paso por la población de Pámanes, a su vez también se estudia un afluente de dicho río, el regato de Sierra Llana, que confluyen en Pámanes.

Como información cartográfica de contraste se ha utilizado un estudio existente compuesto por 76 perfiles transversales a lo largo tanto del río Pámanes como del regato de Sierra Llana. Aclarar que en la numeración aparecen 78 perfiles debido a que en la confluencia se han considerado tres ramas, y éstas confluyen en un mismo perfil, por lo tanto, el programa ha considerado ese perfil 3 veces.



En el Anejo I se pueden observar los planos de ubicación del tramo de estudio.

En la zona de estudio se encuentran distintos elementos que afectarán al flujo del río Pámanes. En nuestro caso dichos elementos son puentes, en concreto se pueden encontrar 12 puentes.

A continuación, se detallan los puentes, que vendrán numerados desde aguas arriba hacia aguas abajo, empezando por el tramo del río Pámanes hasta la confluencia con el regato de Sierra Llana, luego el tramo del regato de Sierra Llana hasta la confluencia, y por último el tramo del río Pámanes restante:

- El primer puente (Puente 1), está situado entre los perfiles 52 y 53, formado por tres vanos con forma de arco escarzano o rebajado, los cuales se apoyan sobre el lecho mediante dos pilares, como se puede observar en las fotografías 1 y 2.
- El segundo puente (Puente 2), está situado entre los perfiles 4 y 5, se trata de una canalización rectangular para el paso inferior transversal del río por una calzada, formado por dos muros verticales y una losa horizontal, de hormigón ambas.
- El tercer puente (Puente 3), está situado entre los perfiles 10 y 11 y consta de sección cajón.
- El cuarto puente (Puente 4), está situado entre los perfiles 17 y 42, cuenta también con una sección rectangular y formado por muros y losa de hormigón.
- El quinto puente (Puente 5), está situado entre los perfiles 19 y 20 y también consta de sección cajón.
- El sexto puente (Puente 6), está situado entre los perfiles 24 y 25 y también está formado por una sección cajón.



- El séptimo puente (Puente 7), está situado entre los perfiles 26 y 27 y como los anteriores puentes tiene la misma sección rectangular.
- El octavo puente (Puente 8), está situado entre los perfiles 43 y 29 y como los anteriores consta de la sección cajón.
- El noveno puente (Puente 9), está situado entre los perfiles 36 y 37 y aunque con una sección algo más ancha que los anteriores, sigue siendo la misma, cajón.
- El décimo puente (Puente 10), está situado entre los perfiles 39 y 40, se trata de una sección rectangular acabada en arco.
- El decimoprimer puente (Puente 11), está situado entre los perfiles 61 y 62, formado por tres arcos, sin embargo, el cauce del río fluye principalmente por el arco de mayor sección.
- El decimosegundo puente (Puente 12), está situado entre los perfiles 66 y 67, formado por un arco semicircular.

De la misma manera que se han descrito los puentes, se van a describir dichos tramos, detallando sus particularidades.

Se comienza con el tramo del río Pámanes desde el perfil 44 hasta el perfil hasta el perfil 55.

Como se puede observar en la figura 6, el tramo comienza con una orientación Este, desde el puente de las Cabras, la cual rápidamente cambia hacia Noreste que va a ser la predominante durante la mayor parte del tramo.

El tramo consta de 658 metros, donde la pendiente media es de 0,5%. Como se puede observar el cauce está protegido por vegetación durante prácticamente la totalidad del tramo, excepto en las proximidades de puente 1, entre los perfiles 52 y 53.

En las proximidades del río se pueden observar edificios singulares como pueden ser un cementerio al inicio del mismo o una nave industrial entre los



perfiles 47 y 48. Por lo demás los márgenes están rodeados de zonas de praderas exceptuando los perfiles finales donde el tramo entra en zona urbana.



Figura 6. Tramo entre los perfiles 44 y 55

El segundo tramo a describir es el correspondiente al regato de Sierra Llana, (figuras 7 y 8) desde el perfil 1 hasta el perfil 41. Consta de 1.778 metros, con una pendiente media de 1,2%.

El tramo comienza en el barrio Elsedo, con orientación Este, que va a ser la predominante en todo el tramo.



Figura 7. Tramo entre los perfiles 1 y 17

Transcurre entre vegetación baja y rodeado de praderías hasta el perfil 17, donde el regato cruza por debajo de la Carretera Autonómica y pasa a fluir paralelo a la misma hasta el perfil 28, donde el cauce vuelve a cruzar bajo la carretera para coger una orientación Sureste hacia la confluencia con el río principal, Pámanes. El regato sigue entre praderías exceptuando las proximidades de la confluencia donde el flujo se desarrolla en zona urbana.

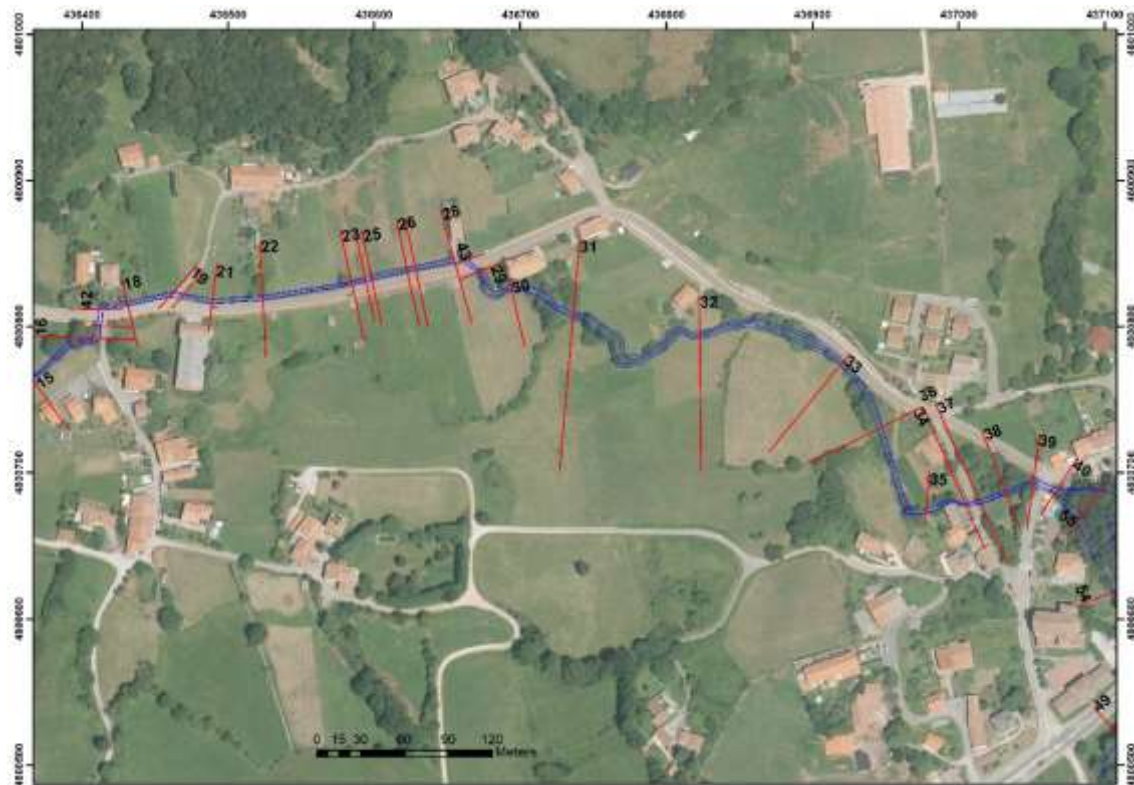


Figura 8. Tramo entre los perfiles 17 y 41

Por último, se describe el tramo del río Pámanes que va desde la confluencia con el Sierra Llana, en Pámanes, hasta el final del tramo de estudio, perfiles 55 a 78, (figura 9). Dicho tramo consta de 1.648 metros, con una pendiente media de 0,53%.

Comienza con una orientación Este, aunque rápidamente se orienta hacia el Norte hasta llegar a la carretera nacional donde vuelve dirigirse hacia el Este, la cual va a ser la orientación dominante durante el tramo.

El tramo empieza en zona urbana, aunque protegido por vegetación alta durante los primeros metros, para luego abrirse paso entre praderías y siempre protegido por vegetación a ambos lados del cauce.

A pocos metros del final del tramo de estudio, se produce un pequeño meandro, a pocos metros de desviar su orientación en dirección Norte.

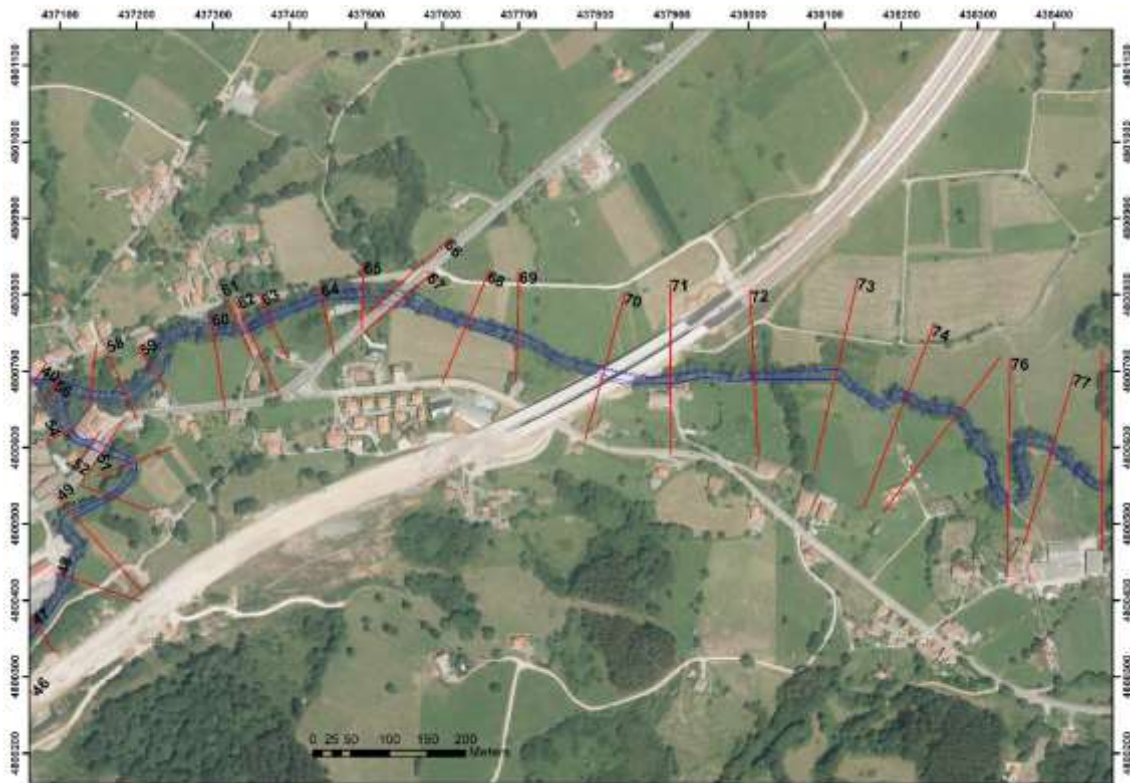


Figura 9. Tramo entre los perfiles 55 y 78

4. CARACTERIZACIÓN TOPOGRÁFICA DE LA SUPERFICIE

4.1. BASES CARTOGRÁFICAS DE REFERENCIA

Se han obtenido las siguientes bases cartográficas de las Infraestructuras de Datos Espaciales que se indican a continuación:

- IDE autonómica (mapas.cantabria.es)
- Base Topográfica Armonizada a escala 1:5.000 (BTA05), en formato GIS. Se han utilizado los temas de cubierta terrestre, hidrografía, red viaria y edificaciones, poblaciones y construcciones para la obtención de los valores de rugosidad de Manning en función del tipo de superficie. Las hojas necesarias han sido; 0035_27, 0035_28, 0035_37 y 0035_38.



- Nubes de puntos LiDAR del vuelo de 2012, en formato LAS. Se han utilizado las hojas 434-4802, 436-4800, 436-4802, 438-4800 y 438-4802.
- Ortofotos con tamaño de pixel 0,25 m, en hojas a escala 1:5.000. Las hojas utilizadas son, 0035_2-7, 0035_2-8, 0035_3-7 y 0035_3-8.
- IDE a nivel estatal (<https://www.cnig.es/>)
- Mapa Topográfico Nacional, escala 1:25.000 en formato ráster.
- Modelo Digital del Terreno, con separación de 25 m.

4.2. CONTROL DE CALIDAD INTERNO DE LOS DATOS LiDAR

Es importante realizar un control de los datos LiDAR previamente a su uso. Para ello se llevará a cabo un control de densidad de puntos y otro control de la clasificación de los mismos.

En cuanto a la densidad de puntos por metro cuadrado, las especificaciones muestran que ésta es de 0,6 ptos/m².

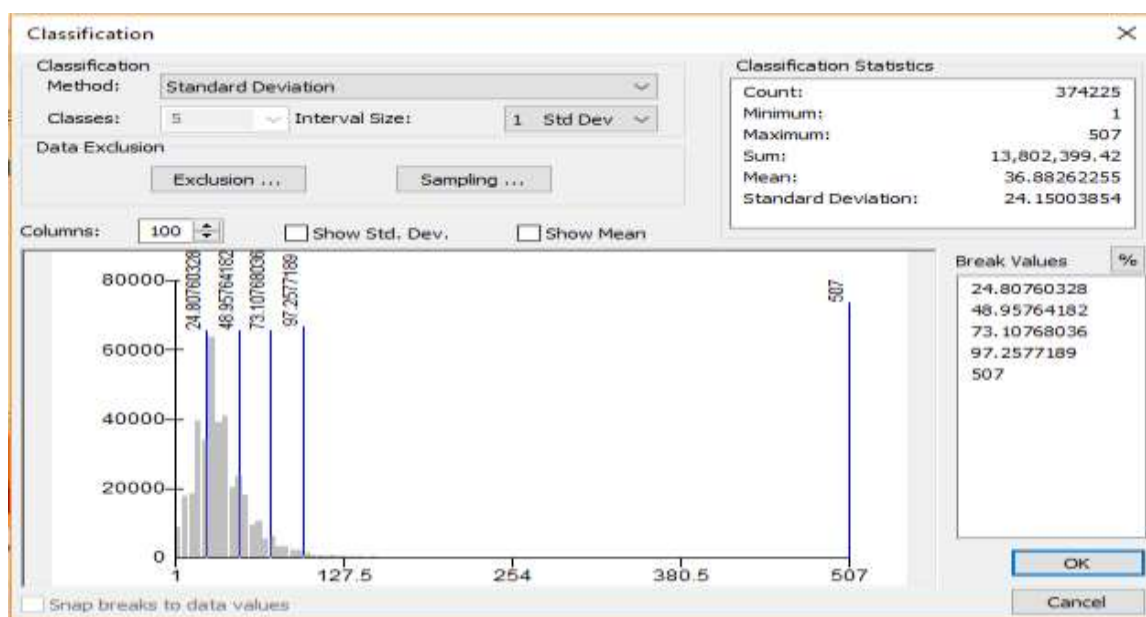


Figura 10. Clasificación datos LAS. Método desviación estándar

Se ha podido verificar que nuestros datos cuentan con una densidad media en torno a lo especificado, algo inferior. Para ello se han creado unas estadísticas a partir de los datos LAS, con celdas de $8 \times 8 \text{ m}^2$, en los que, teniendo en cuenta las especificaciones de dichos datos, tendría que salir una media alrededor de 38 ptos/ m^2 . Como se puede observar en la figura 10, la media obtenida para ese tamaño de celda es de 36,88 ptos/ m^2 .

Una vez obtenidas estas estadísticas, se puede comprobar qué zonas están por debajo de la media y cuáles están por encima. Para ello se clasifican los datos con la desviación estándar como método, se elige una gama de colores donde las zonas por debajo de la media aparezcan en color rojo y las zonas donde la media sea superior de color verde. Las zonas donde la media este en torno a lo establecido quedará sin color alguno. Se puede observar en la figura 11.

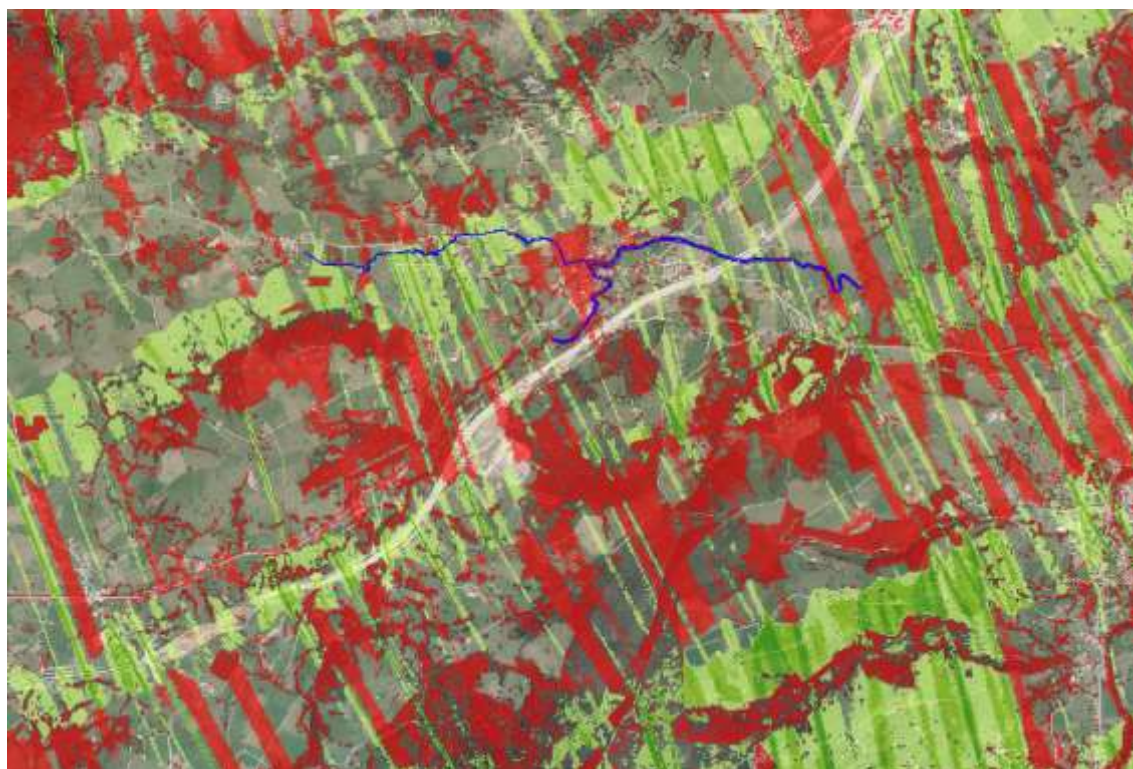


Figura 11. Densidad de puntos LAS

Como se puede observar, existen zonas donde la densidad está por debajo de la media, más de lo esperado a priori, limitándose a zonas boscosas. En las



cuales la densidad está por encima de la media, es resultado de solapamiento de los vuelos.

En cuanto a la revisión y edición de la clasificación de los puntos LAS, decir que ha sido menos exhaustiva ya que solo se han reclasificado los puntos que aparecían dentro del cauce, teniendo en cuenta que para la modelización del terreno se ha utilizado el cauce modelizado 3D.

También se han filtrado las capas de los puntos clasificados, considerando únicamente los puntos clasificados como suelo (ground).

4.3. FORMACIÓN DEL MODELO DE TERRENO

4.3.1. Datos de partida

Una vez revisada y consecuentemente editada la nube de puntos, se procede a formar el modelo de terreno, para lo cual se han utilizado los siguientes datos cartográficos:

- Series de ortofotos de la zona de trabajo.
- Archivos LAS de la zona de trabajo, debidamente modificada la clasificación de los puntos para su correcto uso.
- Por la falta de información en la zona del cauce, se ha procedido a representar el cauce mediante los perfiles transversales y modificando la alineación en función de la trayectoria observada en las correspondientes ortofotos. Esta modelización 3D del cauce se ha podido combinar con el resto de información espacial.

4.3.2. Formación del modelo de terreno

Se ha procedido a formar inicialmente un modelo de terreno como un TIN (Triangulated Irregular Network), partiendo de la base de la nube de puntos LAS, ya reclasificada y modificada, donde solo aparecerán los datos clasificados como suelo.

Mediante dicha nube de puntos se ha generado un primer TIN, que a continuación se ha decidido modificar debido a la poca fidelidad de los datos en las zonas de cauce. Para conseguir un modelo fiel al terreno, se modifica el TIN incluyendo la modelización 3D del cauce.

Dicha modelización 3D del cauce ha incorporado adecuadamente los perfiles transversales de referencia. Ha sido necesario para su obtención la combinación de los datos LiDAR, los perfiles de referencia y las imágenes de referencia de las ortofotos.

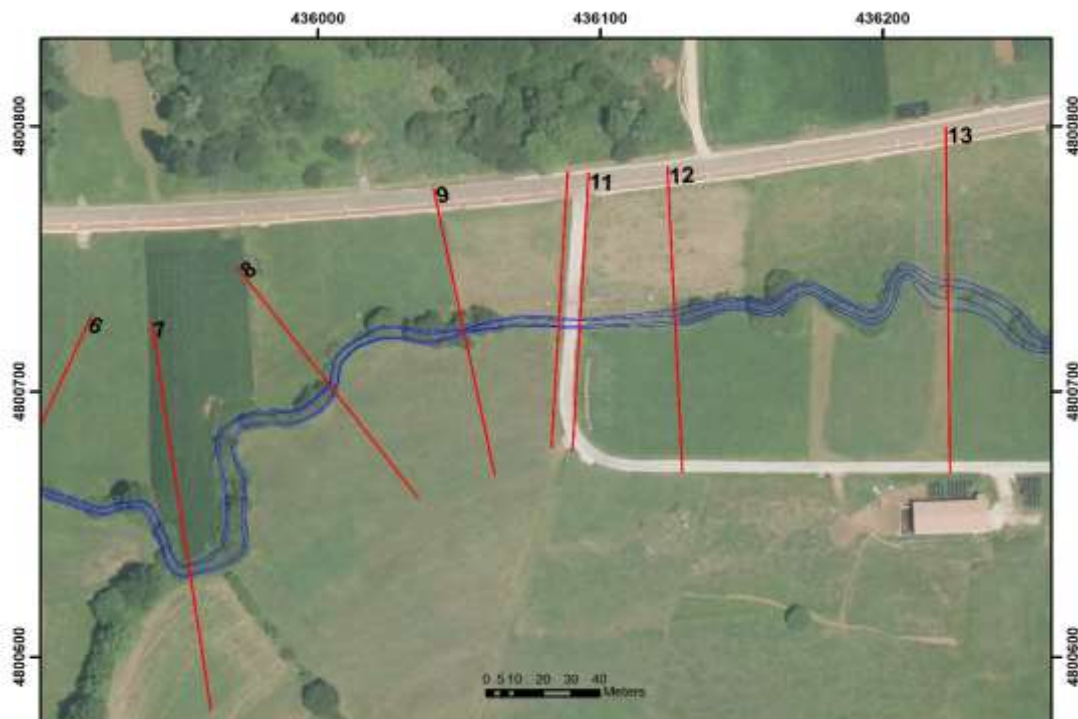


Figura 12. Detalle cauce modificado



Después de la modelización del cauce en tres dimensiones, se ha conseguido una modelización del terreno continua y más fiel.

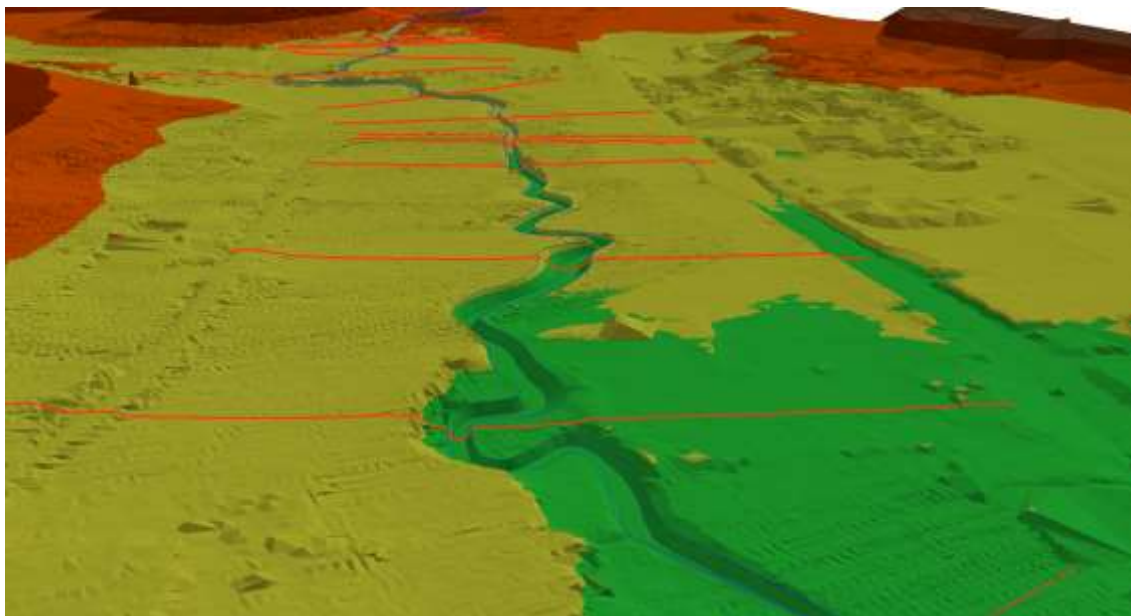


Figura 13. Detalle del modelo de terreno continuo

Se puede observar el plano del TIN con la modelización 3D del cauce en el Anejo I.



5. DATOS HIDRÁULICOS

5.1. CARACTERIZACIÓN HIDRÁULICA

En HEC-RAS para evaluar la pendiente motriz se utiliza la formulación de Manning:

$$Q = \frac{1}{\eta} * \Omega * R^{\frac{2}{3}} * \sqrt{i}$$

Siendo:

- Q = caudal de avenida en m^3/s
- η = coeficiente de rugosidad de Manning
- Ω = sección hidráulica en m^2
- I = pendiente hidráulica en m/m

Para la simulación hidráulica en HEC-RAS es necesario la definición de los coeficientes de rugosidad en las diferentes secciones.

En el Anejo III se explica con detalle el proceso de obtención de los coeficientes de rugosidad, aun así, se explica brevemente ahora.

En primer lugar, se parte de la BTA05, obteniendo de ella los usos de suelo de cada zona y asignándoles a cada uno de ellos los coeficientes de Manning, que varían entre 0,03 y 0,1, extraídos del Anejo V de la Guía metodológica para el desarrollo del sistema nacional de cartografía de zonas inundables.



5.2. CAUDALES Y CONDICIONES DE CONTORNO

Los distintos períodos de retorno con los que se ha trabajado para el análisis de las zonas inundables son, 10, 100 y 500 años.

Para la obtención de los distintos caudales de avenida en función de los distintos períodos de retorno existen tres formas:

- El primero es hacer uso de alguna fórmula o ábaco, calibrado para una zona geográfica, en la que, conociendo uno o varios parámetros de la cuenta, como por ejemplo el área vertiente hasta el punto deseado, resulte sencillo el cálculo de caudales para los distintos períodos de retorno.
- El segundo es disponer de una red de aforos a lo largo de los cursos fluviales que componen la red hídrica de la cuenca, con registros lo suficientemente largos de caudales máximos diarios. Así es posible tratar estadísticamente los datos y calcular el caudal circulante en diversos puntos y extrapolar a otros de la red fluvial.
- El tercero consiste en realizar modelos hidrológicos, más o menos complejos, en los que el esquema conceptual se basa en asignar precipitaciones a los distintos subelementos que componen la cuenca y conociendo las características físicas de la cuenca, calcular los caudales generados en distintos puntos de la red hídrica.

Debido a la falta de datos de aforo de caudales de la zona y de otros posibles estudios específicos, se ha seguido la metodología basada en la consideración del gráfico de la figura 14, propuesto por la Confederación Hidrográfica del Norte en el documento de Normas del Plan Hidrológico Norte II.

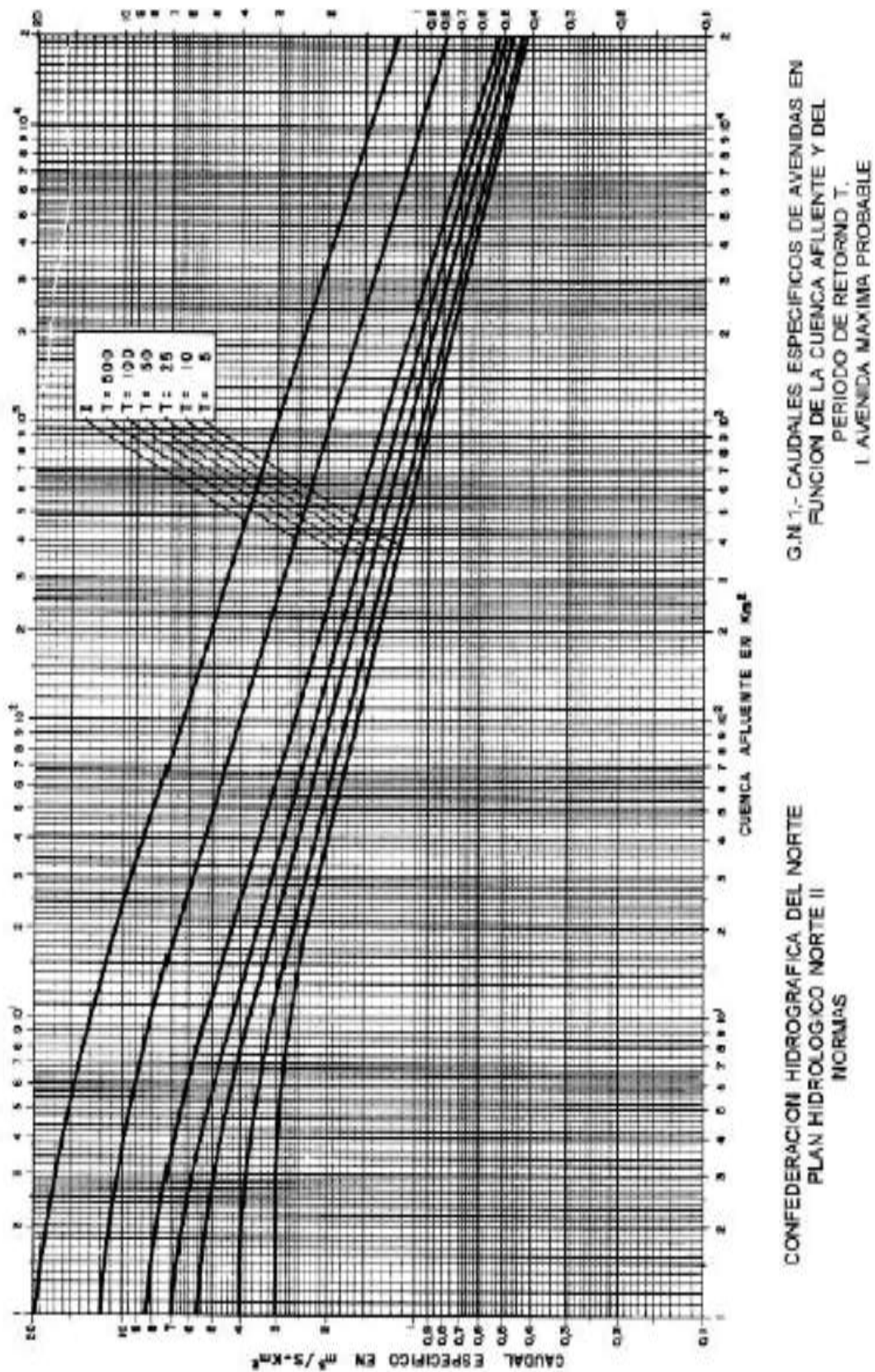


Figura 14. Gráfico para el cálculo de caudales específicos de avenida.



Para este método los datos fundamentales, como se pueden observar en la figura 14, son las superficies de las cuencas afluentes y los distintos períodos de retorno.

La delimitación de la cuenca vertiente en el punto que interesa se ha obtenido mediante el empleo del modelo digital de elevaciones, y usando la metodología de identificación de cuencas y cursos de agua automática, en las figuras 15 y 16 se puede observar el resultado.

La cuenca queda dividida en tres zonas:

- Zona 1, cuenca vertiente del regato de Sierra Llana en el punto de confluencia con el Pámanes. Con una superficie total de 1,628 km².
- Zona 2, cuenca vertiente del río Pámanes, también hasta el punto de confluencia con el regato de Sierra Llana. Con una superficie total de 19,303 km².
- Zona 3, cuenca vertiente en el punto de interés, que incluye las anteriores zonas y la cuenca que resta desde el punto de la confluencia hasta el punto de interés. Con una superficie de 22,285 km².

La cuenca vertiente en el punto de interés, a efectos de cálculo, tiene una superficie de 22,285 km².

Aplicando los datos anteriores en el gráfico de la figura 14, se consiguen los caudales específicos para los distintos períodos de retorno, y por lo tanto junto con las superficies obtenidas se consiguen los caudales de avenida.

En la siguiente tabla, (Tabla 1), se indican todos los datos obtenidos:

T (años)	Zona 1	Zona 2	Zona 3
	Q (m ³ /s)	Q (m ³ /s)	Q (m ³ /s)
500	18,72	127,4	142,62
100	12,69	83	91,37
10	6,512	52,12	56,83

Tabla 1: Caudales de avenida

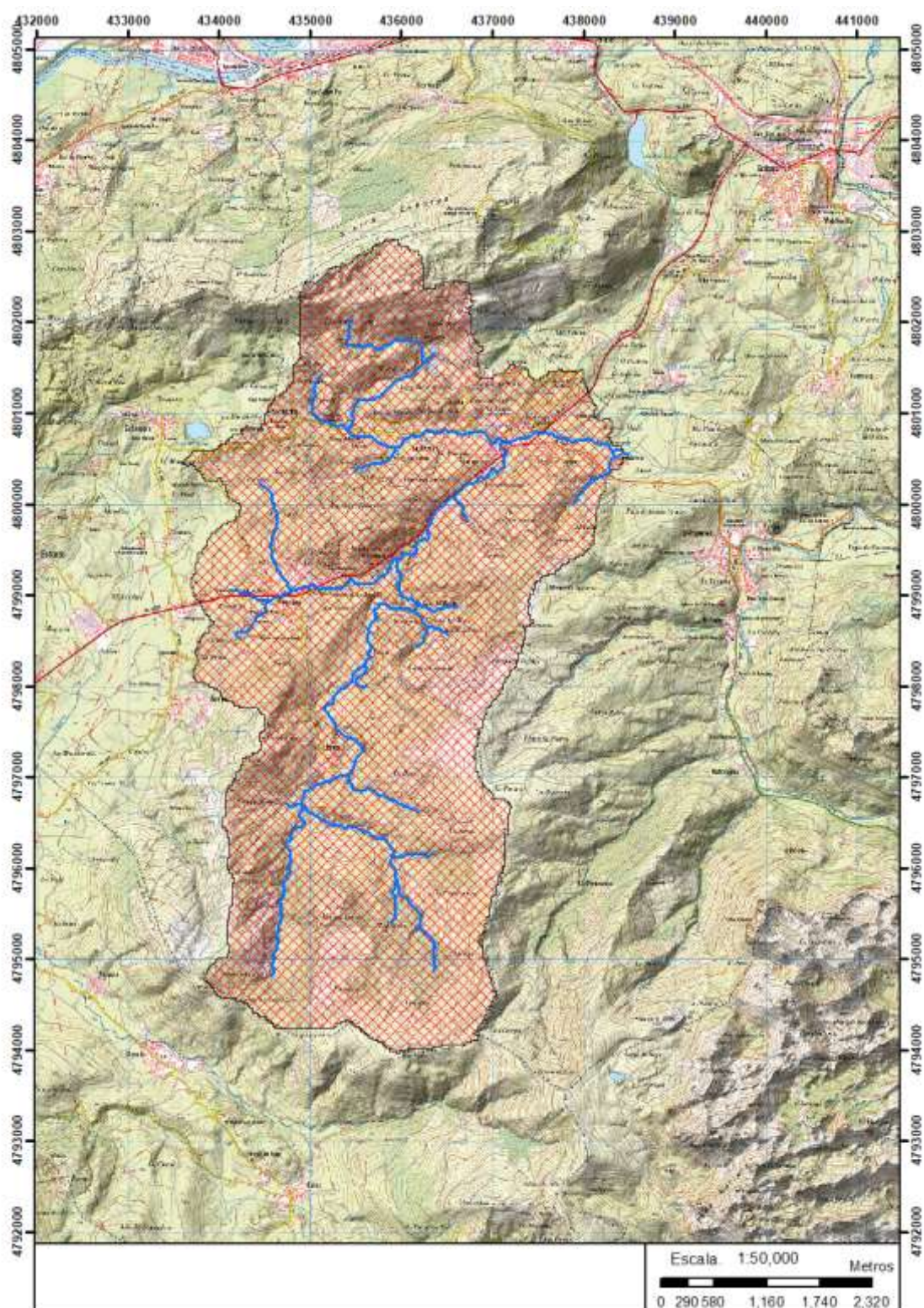


Figura 15. Mapa de la cuenca vertiente en el punto de interés

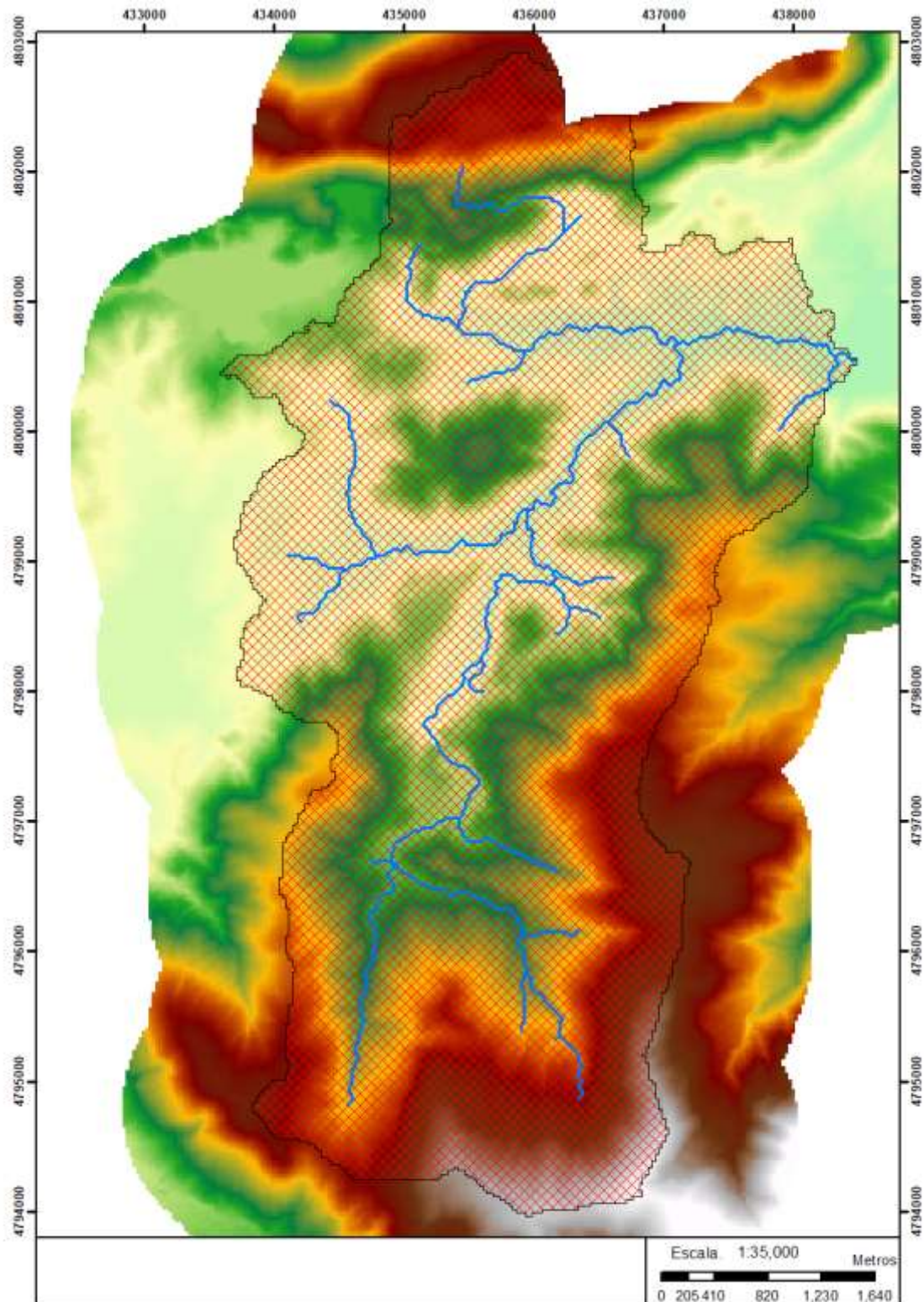


Figura 16. Mapa de la cuenca vertiente en el punto de interés



Para poder llevar a cabo la simulación hidráulica, es necesario precisar, para cada caudal de avenida, la condición en el extremo de aguas abajo de régimen lento, con el fin de poder iniciar los cálculos.

Se supone que en el tramo que discurre entre los perfiles 77 y 78 se puede admitir la hipótesis de régimen uniforme, por lo tanto, se puede afirmar que en el río Pámanes (tramo 2 del mismo, desde la confluencia con el Sierra Llana), en el que se ha utilizado la opción de régimen subcrítico, se ha tomado como condición de contorno en el extremo de aguas abajo la correspondiente al régimen uniforme en el perfil 78. Una pendiente longitudinal que es 0,00155 m/m.

Para la simulación de los dos tramos restantes, tramo 1 del río Pámanes y regato de Sierra Llana, se ha considerado el nivel alcanzado por el tramo 2 del río Pámanes hasta la confluencia de ambos, en el perfil $41 \equiv 55 \equiv 56$, (los tres tramos confluyen en un mismo perfil).

6. SITUACIONES CONSIDERADAS

6.1. ZONA INUNDABLE

El escenario actual corresponde al análisis del comportamiento del cauce en la localización de Pámanes, frente a las avenidas de los distintos tipos de períodos de retorno estimados, junto con la geometría considerada en los perfiles transversales.

Con toda esta información se pasa a estudiar hidráulicamente el tramo del río Pámanes comprendido entre los perfiles 44 y 78, y el regato de Sierra Llana entre los perfiles 1 y 43.



6.2. ZONA DE FLUJO PREFERENTE

Como situación secundaria, pero no menos importante, se encuentra el análisis de la Zona de Flujo Preferente. Ésta se puede llevar a cabo una vez se haya concluido la primera, ya que para dicho análisis se parte de la base de la avenida para un período de retorno de 100 años.

La Zona de Flujo Preferente viene definida como la zona constituida por la unión de la zona o zonas donde se concentra preferentemente el flujo durante las avenidas, o **vía de intenso desagüe**, y de la zona donde, para la avenida de 100 años de período de retorno, se pueden **producir graves daños** para las personas y los bienes, quedando delimitado su límite mediante la envolvente de ambas zonas.

En el Anejo IV se explica con detalle el proceso de obtención de la Zona de Flujo Preferente.

7. PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

7.1. ZONA INUNDABLE

En este apartado se procede a la presentación, de forma gráfica y numérica, de los resultados obtenidos a través de HEC-RAS para los caudales de avenida correspondiente a los períodos de retorno de 10, 100 y 500 años.

En el Anejo V, se incluye toda la información de forma detallada con la siguiente composición:

- Perfiles longitudinales de los distintos tramos, regato de Sierra Llana y ambos tramos del río Pámanes.



- Resultados numéricos presentados en una tabla donde se incluyen distintas variables como la cota de lámina de agua, velocidad de flujo, etc.
- Perfiles transversales definidos geométricamente y niveles alcanzados por la lámina de agua para cada uno de los períodos de retorno.

7.1.1. Contraste topográfico con datos de control

Como se ha explicado anteriormente los datos LiDAR se han utilizado para la formación del modelo digital del terreno. Dichos datos han sido contrastados con los perfiles de control.

Se ha podido corroborar lo que, en un principio a primera vista se podía intuir, y es que en las zonas con poca vegetación la formación del modelo es de buena calidad, sin embargo, en las zonas con vegetación abundante como pueden ser las orillas del río, la calidad de los puntos no es fidedigna.

Teniendo claro esto, desde un primer momento se llevó a cabo una modelización 3D del cauce, como ya se ha explicado anteriormente, partiendo de los perfiles de control. Por lo tanto, si se contrastan los perfiles generados con el modelo de terreno y los perfiles de control, se observa que la zona del cauce es exactamente igual, como era de esperar, mientras que se encuentran pequeñas diferencias en los alrededores.

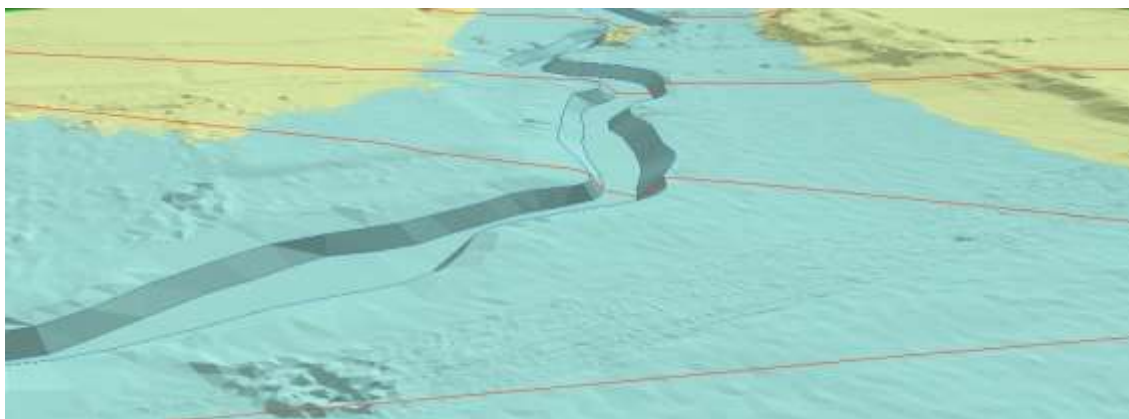


Figura 17. Comparación perfiles con TIN



7.1.2. Mapas de inundación

Para obtener en cada perfil transversal la zona inundada, es necesario, para cada período de retorno, tanto los niveles de agua, como tener definido el terreno.

La representación de la zona inundada se consigue mediante la intersección del modelo digital del terreno y la cota de la lámina de agua.

A continuación, se representan los datos de cota de lámina de agua, a modo de tabla, para cada perfil transversal. En las siguientes figuras se representan las zonas inundadas para cada período de retorno y tramo, sobre ortofotos.

A parte de los datos mencionados, en el Anejo I se incluyen los mapas de profundidades.

Perfil	Rio	Tramo	Cota de la lámina de agua (m)		
			T=10 años	T=100 años	T=500 años
1	Sierra Llana	Sierra Llana	91,81	92,3	92,42
2	Sierra Llana	Sierra Llana	89,77	90,18	90,69
3	Sierra Llana	Sierra Llana	88,94	88,75	87,78
4	Sierra Llana	Sierra Llana	88,97	88,91	88,91
5	Sierra Llana	Sierra Llana	88,5	88,7	88,7
6	Sierra Llana	Sierra Llana	87,37	87,47	87,52
7	Sierra Llana	Sierra Llana	85,33	85,95	85,95
8	Sierra Llana	Sierra Llana	84,8	84,87	85,37
9	Sierra Llana	Sierra Llana	84,47	84,6	84,59
10	Sierra Llana	Sierra Llana	84,28	84,6	84,42
11	Sierra Llana	Sierra Llana	83,51	84,05	84,4



12	Sierra Llana	Sierra Llana	82,32	82,69	82,97
13	Sierra Llana	Sierra Llana	81,67	82,13	82,24
14	Sierra Llana	Sierra Llana	81,15	81,4	81,66
15	Sierra Llana	Sierra Llana	80,42	80,49	80,56
16	Sierra Llana	Sierra Llana	80,27	80,53	80,57
17	Sierra Llana	Sierra Llana	80,21	80,49	80,46
42	Sierra Llana	Sierra Llana	79,93	80,19	80,32
18	Sierra Llana	Sierra Llana	79,88	80,09	80,26
19	Sierra Llana	Sierra Llana	79,87	80,02	80,15
20	Sierra Llana	Sierra Llana	79,8	79,78	79,88
21	Sierra Llana	Sierra Llana	79,62	79,71	79,71
22	Sierra Llana	Sierra Llana	78,91	79,4	79,52
23	Sierra Llana	Sierra Llana	79,15	79,36	79,51
24	Sierra Llana	Sierra Llana	79,15	79,35	79,51
25	Sierra Llana	Sierra Llana	79,15	79,35	79,51
26	Sierra Llana	Sierra Llana	79,15	79,35	79,51
27	Sierra Llana	Sierra Llana	78,07	79,35	79,51
28	Sierra Llana	Sierra Llana	78,05	79,35	79,51
43	Sierra Llana	Sierra Llana	78,04	79,33	79,47
29	Sierra Llana	Sierra Llana	77,25	77,81	78,11
30	Sierra Llana	Sierra Llana	76,45	77	77,25
31	Sierra Llana	Sierra Llana	75,26	75,76	76,26
32	Sierra Llana	Sierra Llana	74,72	75,22	75,54
33	Sierra Llana	Sierra Llana	74,44	74,92	75,32



34	Sierra Llana	Sierra Llana	74,23	74,44	74,39
35	Sierra Llana	Sierra Llana	73,99	74,34	74,56
36	Sierra Llana	Sierra Llana	73,98	74,35	74,57
37	Sierra Llana	Sierra Llana	73,7	74,34	74,57
38	Sierra Llana	Sierra Llana	73,55	74,33	74,56
39	Sierra Llana	Sierra Llana	73,62	74,33	74,55
40	Sierra Llana	Sierra Llana	72,44	73,26	73,87
41	Sierra Llana	Sierra Llana	72,52	73,37	74
44	Pámanes	Pamanes1	74,76	75,5	76,44
45	Pámanes	Pamanes1	74,54	75,25	76
46	Pámanes	Pamanes1	74,29	75,08	75,83
47	Pámanes	Pamanes1	73,87	74,61	75,05
48	Pámanes	Pamanes1	73,8	74,58	75,05
49	Pámanes	Pamanes1	73,69	74,47	74,92
50	Pámanes	Pamanes1	73,5	74,39	74,92
51	Pámanes	Pamanes1	72,5	73,2	74,57
52	Pámanes	Pamanes1	72,82	73,64	74,5
53	Pámanes	Pamanes1	72,54	73,41	74,08
54	Pámanes	Pamanes1	72,44	73,24	73,76
55	Pámanes	Pamanes1	72,52	73,37	74
56	Pámanes	Pamanes2	72,52	73,37	74
57	Pámanes	Pamanes2	71,85	72,56	73,77
58	Pámanes	Pamanes2	71,88	72,71	73,77
59	Pámanes	Pamanes2	71,69	72,55	73,69
60	Pámanes	Pamanes2	71,55	72,49	73,69
61	Pámanes	Pamanes2	71,42	72,38	73,65
62	Pámanes	Pamanes2	71,19	72,02	72,98
63	Pámanes	Pamanes2	71,1	71,91	72,75
64	Pámanes	Pamanes2	70,79	71,48	71,9
65	Pámanes	Pamanes2	70,75	71,49	71,97
66	Pámanes	Pamanes2	70,75	71,51	72,02
67	Pámanes	Pamanes2	70,71	71,44	71,87
68	Pámanes	Pamanes2	69,91	70,5	71,26
69	Pámanes	Pamanes2	69,49	69,87	70,21
70	Pámanes	Pamanes2	68,8	69,37	70,02
71	Pámanes	Pamanes2	67,67	68,18	68,85



72	Pámanes	Pamanes2	65,97	66,43	67,16
73	Pámanes	Pamanes2	66,01	66,57	67,19
74	Pámanes	Pamanes2	65,7	66,02	66,55
75	Pámanes	Pamanes2	65,57	65,75	66,31
76	Pámanes	Pamanes2	65,44	65,33	65,8
77	Pámanes	Pamanes2	65,34	64,97	65,86
78	Pámanes	Pamanes2	65,26	63,62	64,36

Tabla 2. Cota lámina de agua para cada perfil transversal.

Se comienza la descripción de los resultados con el tramo del regato de Sierra Llana para un período de retorno de 10 años representado en las figuras 17 y 18. Se puede observar que la zona inundada afecta sobre todo a zonas de praderas y a la carretera autonómica CA-405. Ninguna edificación se ve afectada, incluso en las cercanías de la confluencia con el río Pámanes, donde se pueden observar edificaciones más cercanas al cauce.

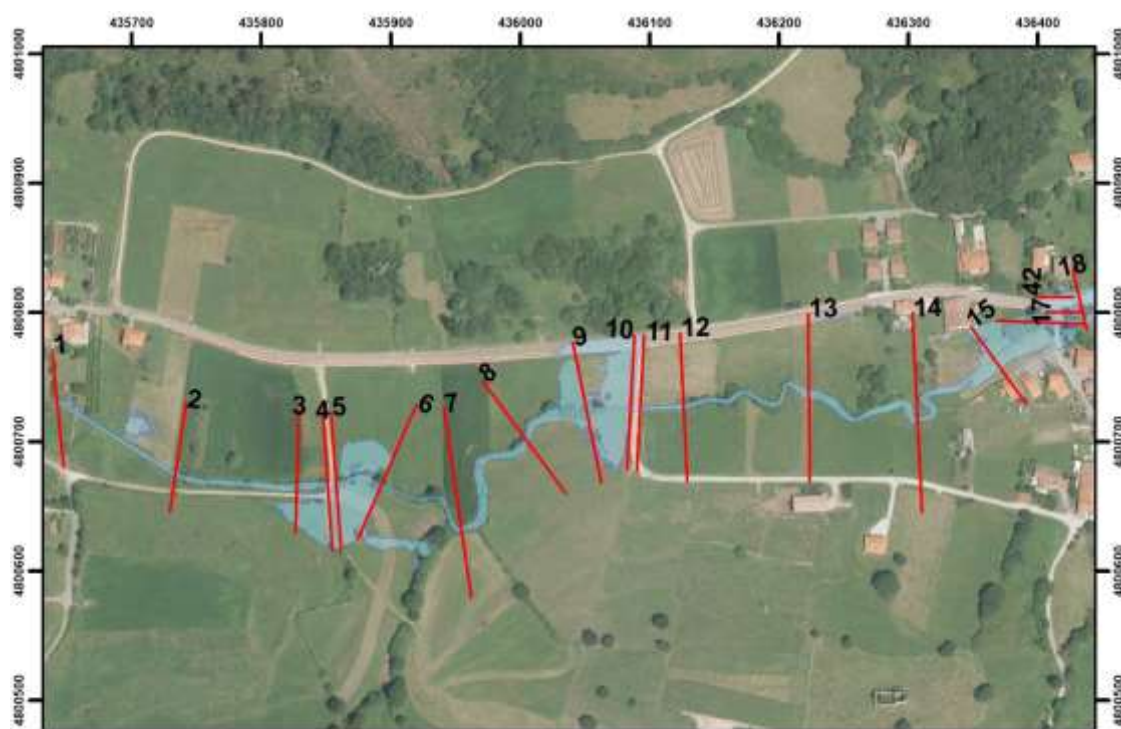


Figura 18. Zona inundable regato de Sierra Llana T=10 años.

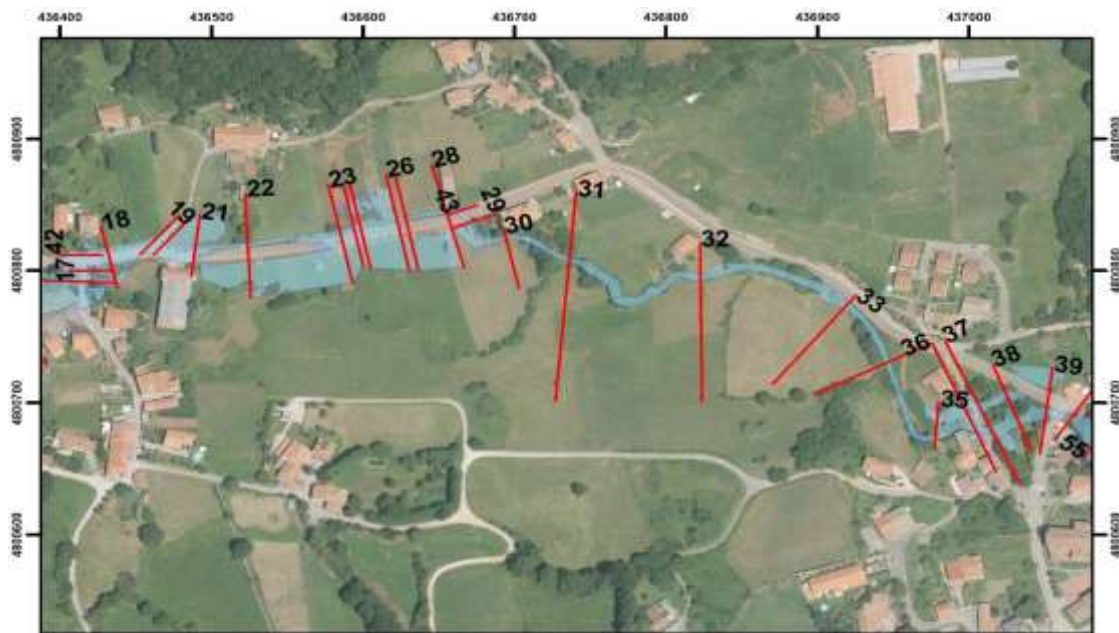


Figura 19. Zona inundable río Pámanes T=10 años

En cuanto al tramo del río Pámanes, se producen pequeños desbordes a lo largo del cauce, excepto en el tramo final, donde se observa una mayor zona inundada, aunque siempre en zona de pradera. En cuanto a edificaciones, se ve afectada una pequeña edificación justo al borde del cauce a pocos metros del perfil 71, como se puede apreciar en la figura 21.

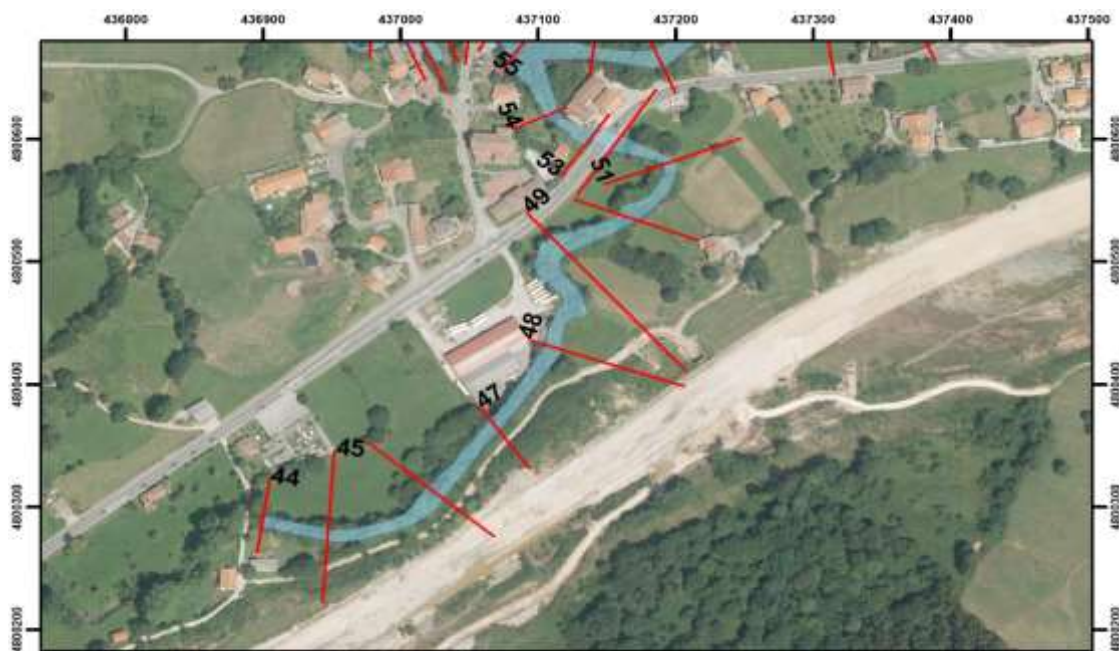


Figura 20. Zona inundable río Pámanes T=10 años

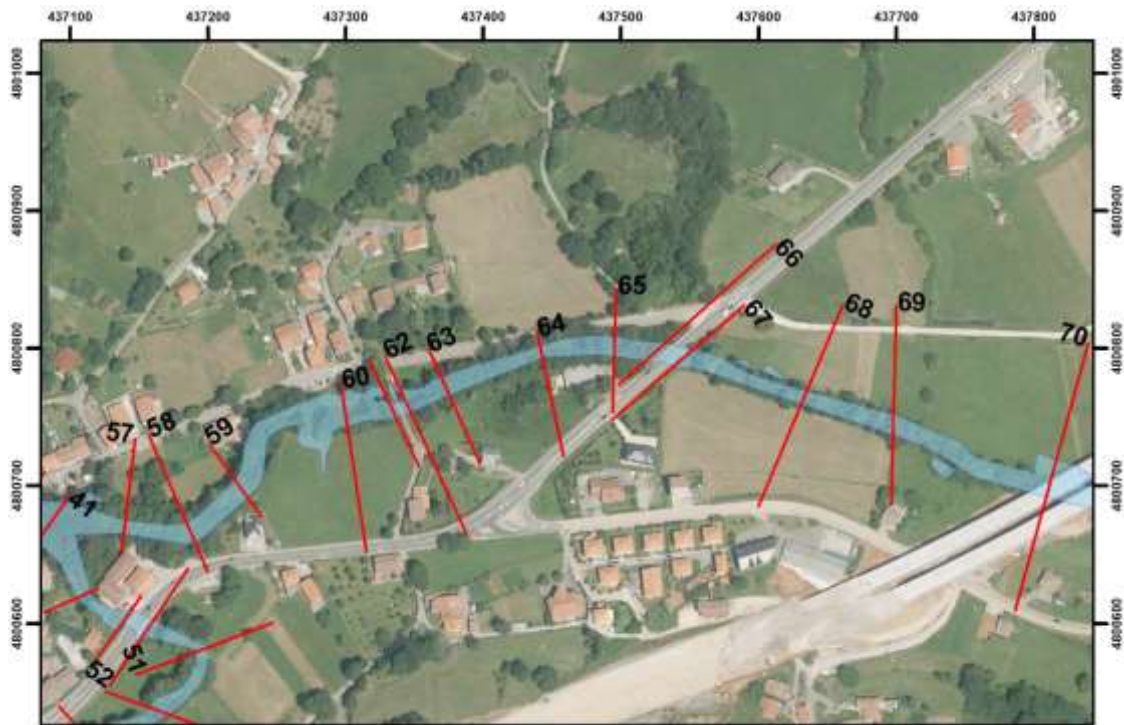


Figura 21. Zona inundable río Pámanes T=10 años

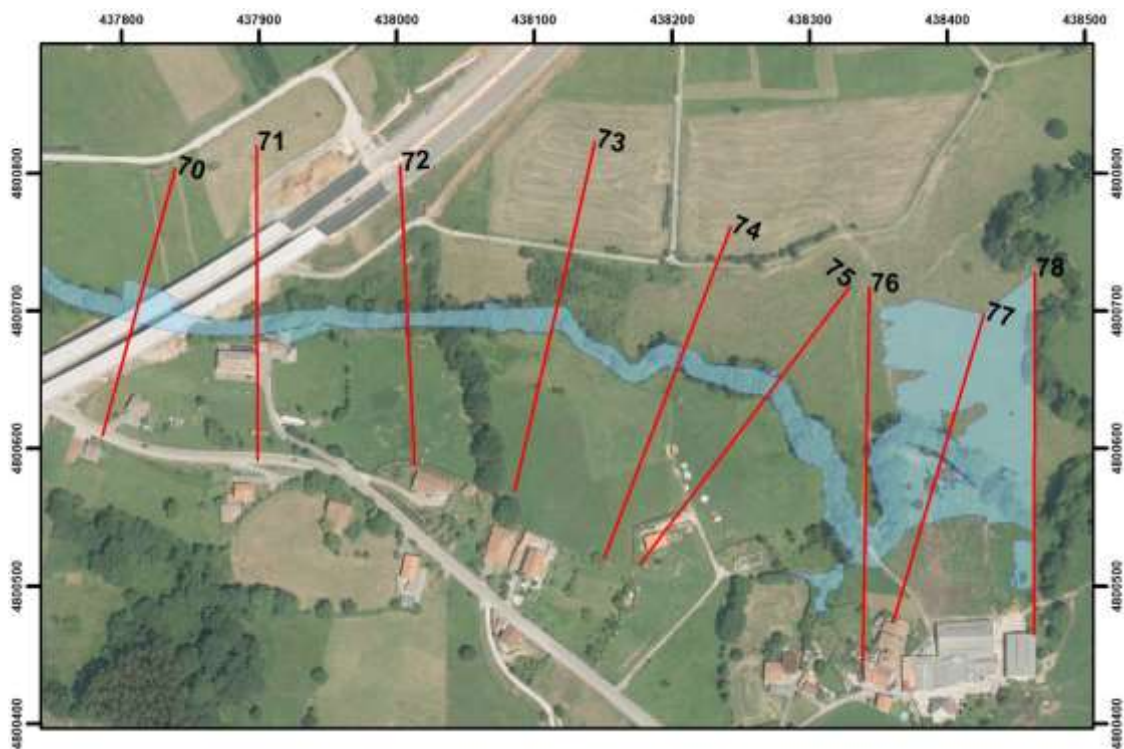


Figura 22. Zona inundable río Pámanes T=10 años

A continuación, se describe para un período de retorno de 100 años el tramo del regato de Sierra Llana. Al igual que en el período de 10 años se ven afectadas praderas y la carretera autonómica, sin embargo, en este caso dos edificaciones quedan cubiertas por la mancha de inundación. Una aguas abajo del perfil 1, de pequeño tamaño, completamente cubierta. La siguiente edificación a la que se refiere está aguas arriba del puente 9 (perfiles 36 y 37), y queda parcialmente cubierta por la mancha de la zona inundada.

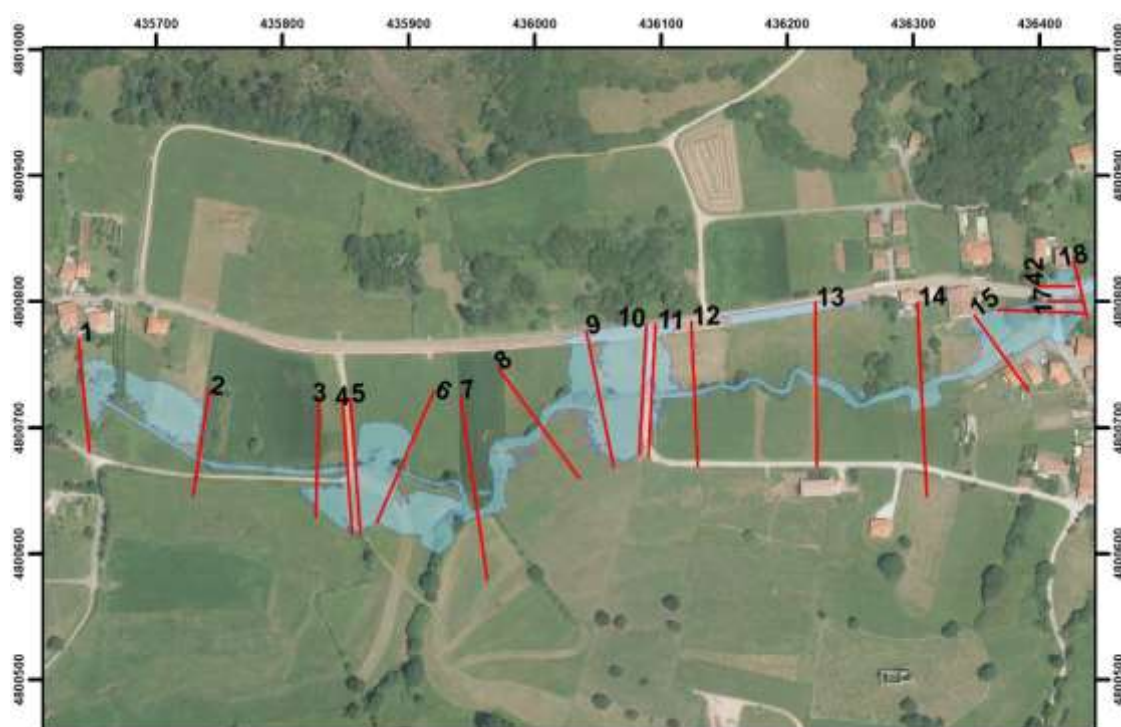


Figura 23. Zona inundable regato de Sierra Llana T=100 años

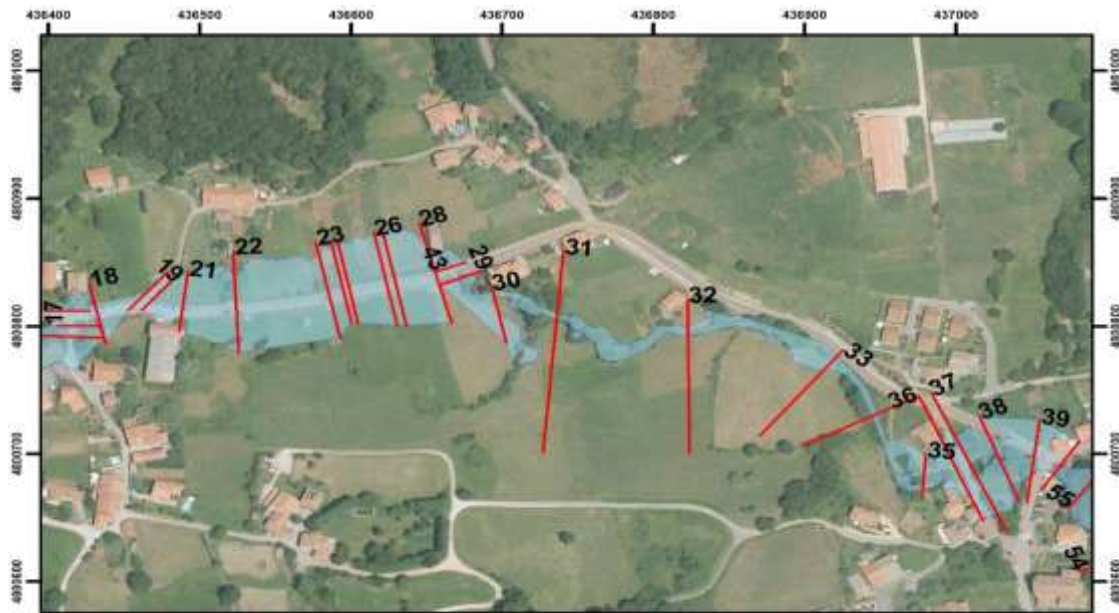


Figura 24. Zona inundable regato de Sierra Llana T=100 años

Para este período de retorno en el río Pámanes se producen desbordamientos sobre praderas como en el anterior, pero de mayor extensión. Curiosamente en los perfiles finales la mancha de inundación es notablemente menor. En cuanto a edificaciones queda expuesta la misma anteriormente mencionada.



Figura 25. Zona inundable río Pámanes T=100 años

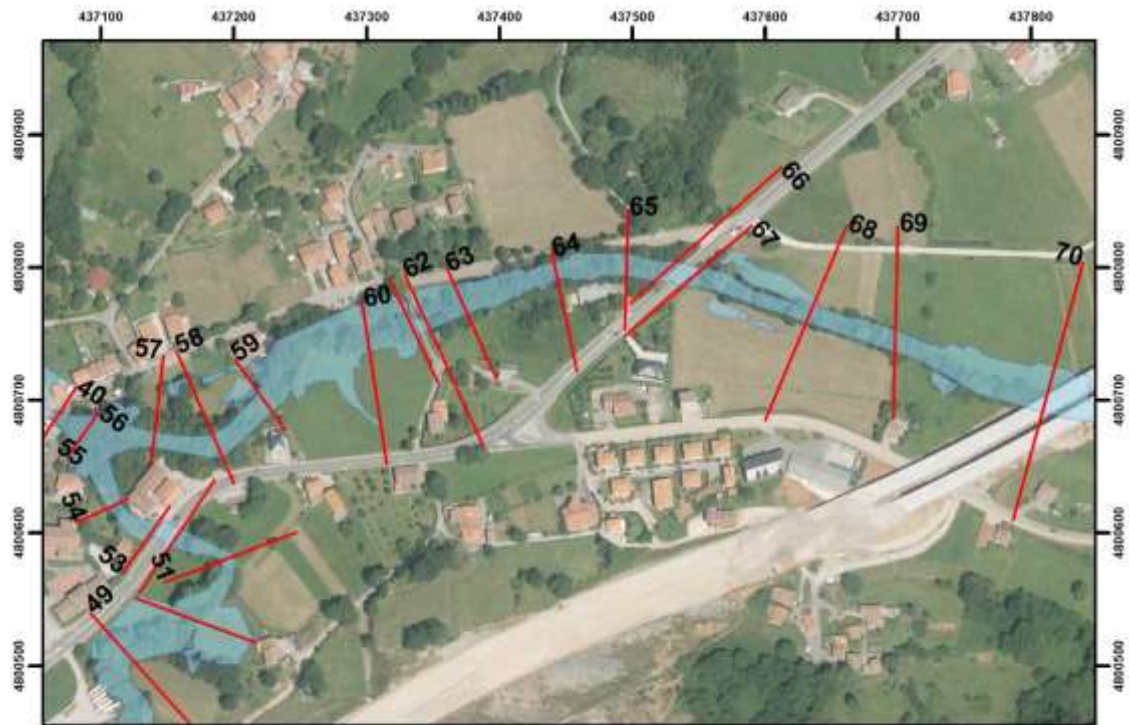


Figura 26. Zona inundable río Pámanes T=100 años

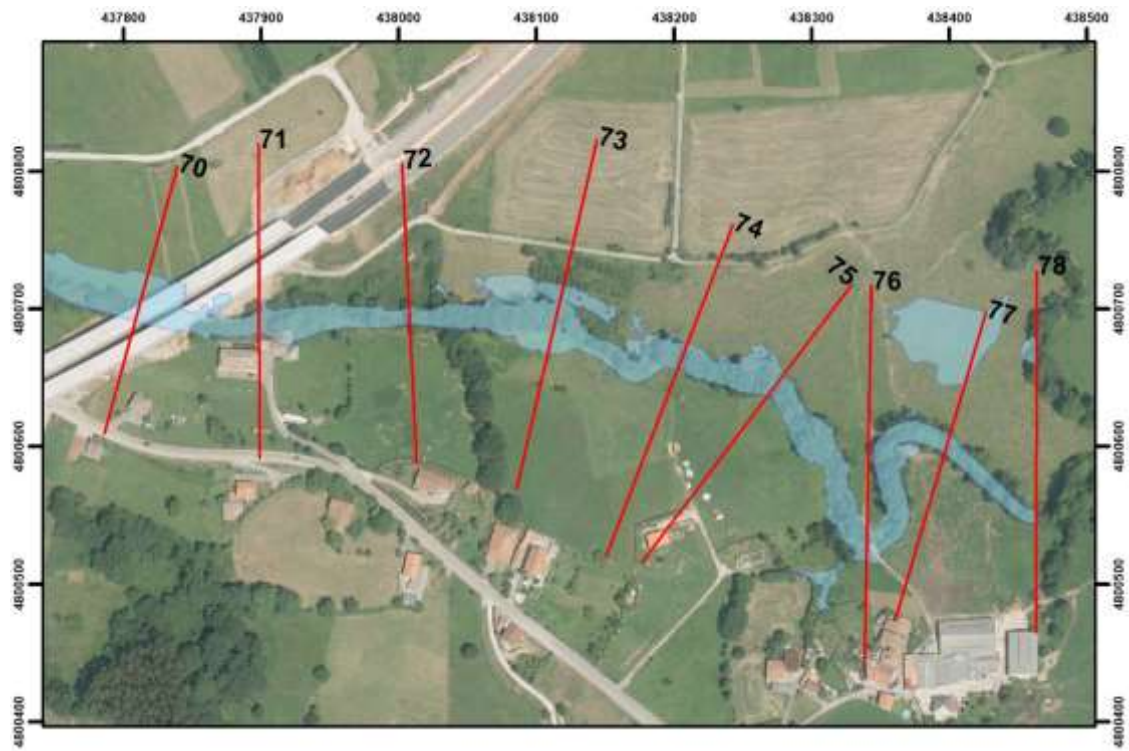


Figura 27. Zona inundable río Pámanes T=100 años

Para acabar se describen ambos tramos para un período de retorno de 500 años. En primer lugar, el tramo del regato de Sierra Llana se producen desbordamientos de mayor magnitud en praderas y en la carretera autonómica al igual que en los anteriores períodos de retorno. En cuanto a edificaciones quedan afectadas las mismas anteriormente mencionadas a las que hay que añadirles más edificaciones expuestas; aguas abajo del perfil 28, varias edificaciones aguas arriba del puente 9 (perfiles 36 y 37), y por último en el puente 10 (perfiles 39 y 40), en la margen izquierda del cauce.

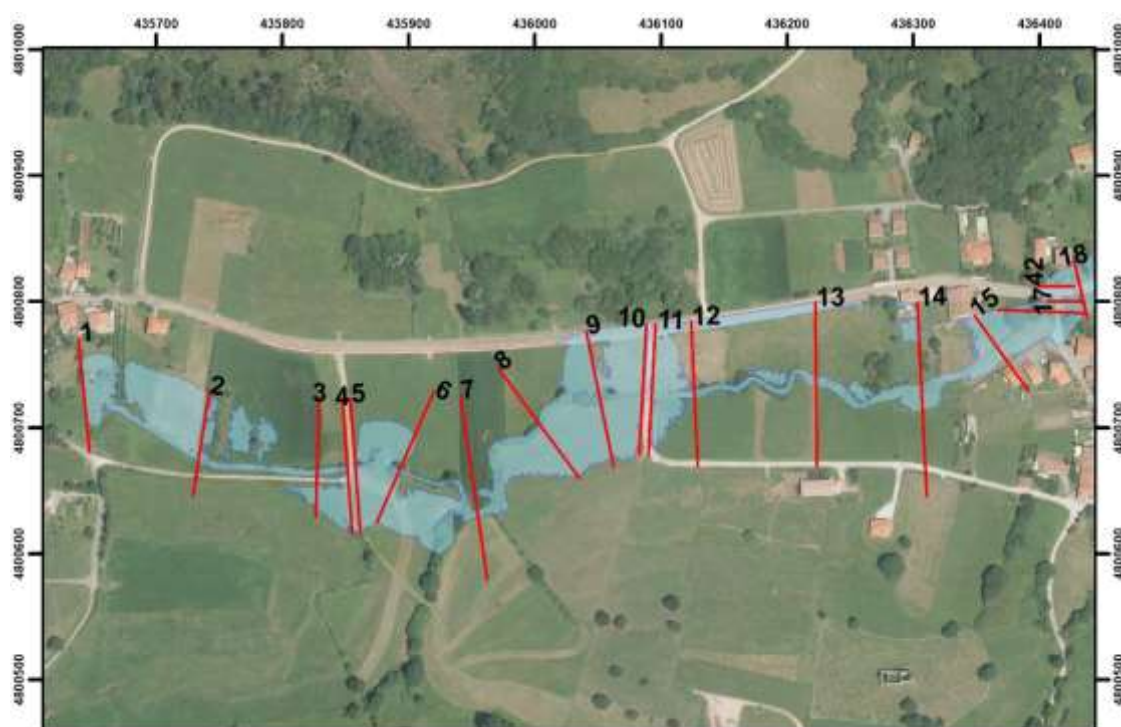


Figura 28. Zona inundable regato de Sierra Llana T=500 años

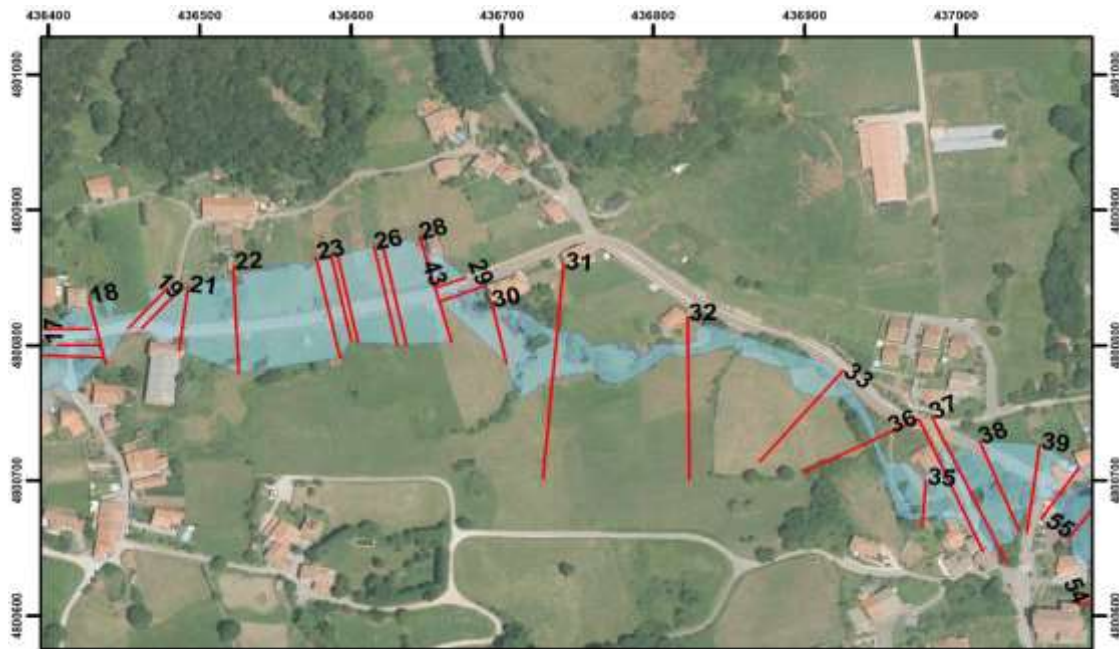


Figura 29. Zona inundable regato de Sierra Llana T=500 años

En el tramo del río Pámanes se observan mayores zonas inundadas en praderas y varias edificaciones cubiertas por la mancha de inundación. Los desbordamientos se producen a ambos lados del cauce, en este caso en el margen izquierdo se producen desbordamientos que afectan a la carretera autonómica CA-904.

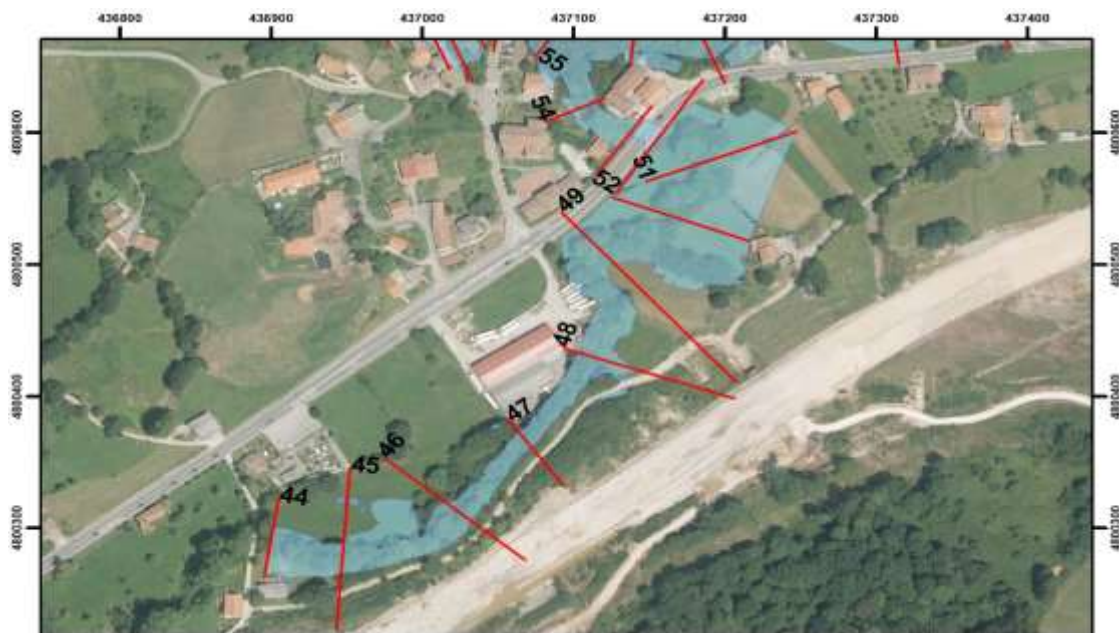


Figura 30. Zona inundable río Pámanes T=500 años

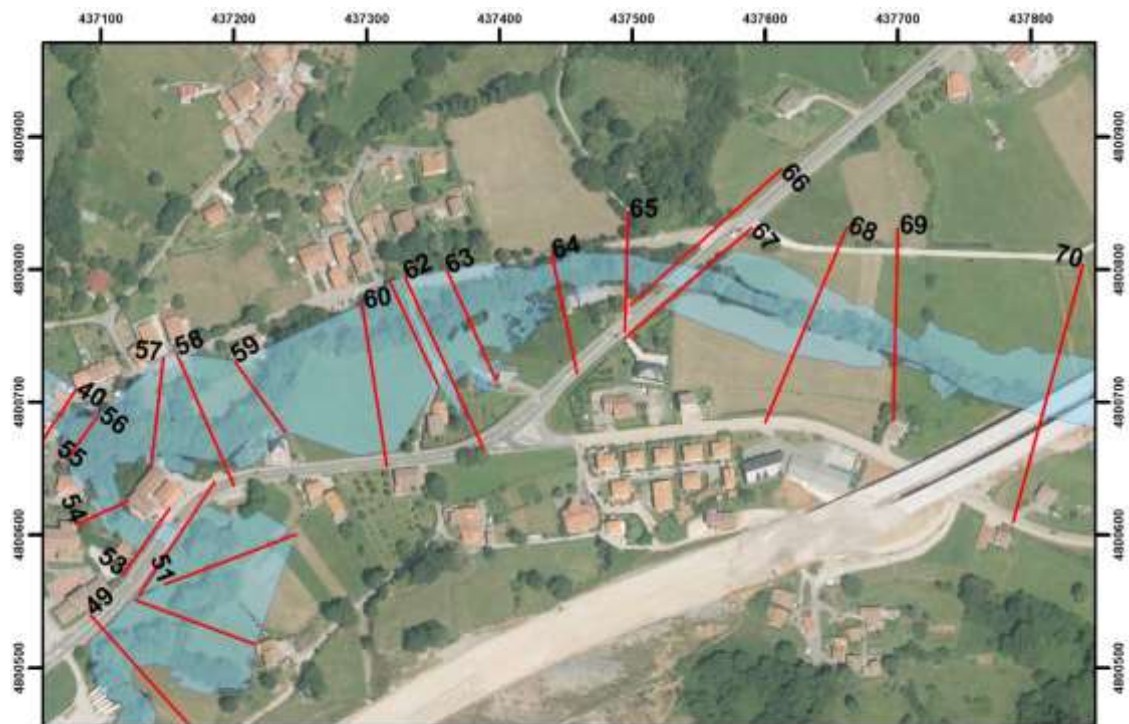


Figura 31. Zona inundable río Pámanes T=500 años

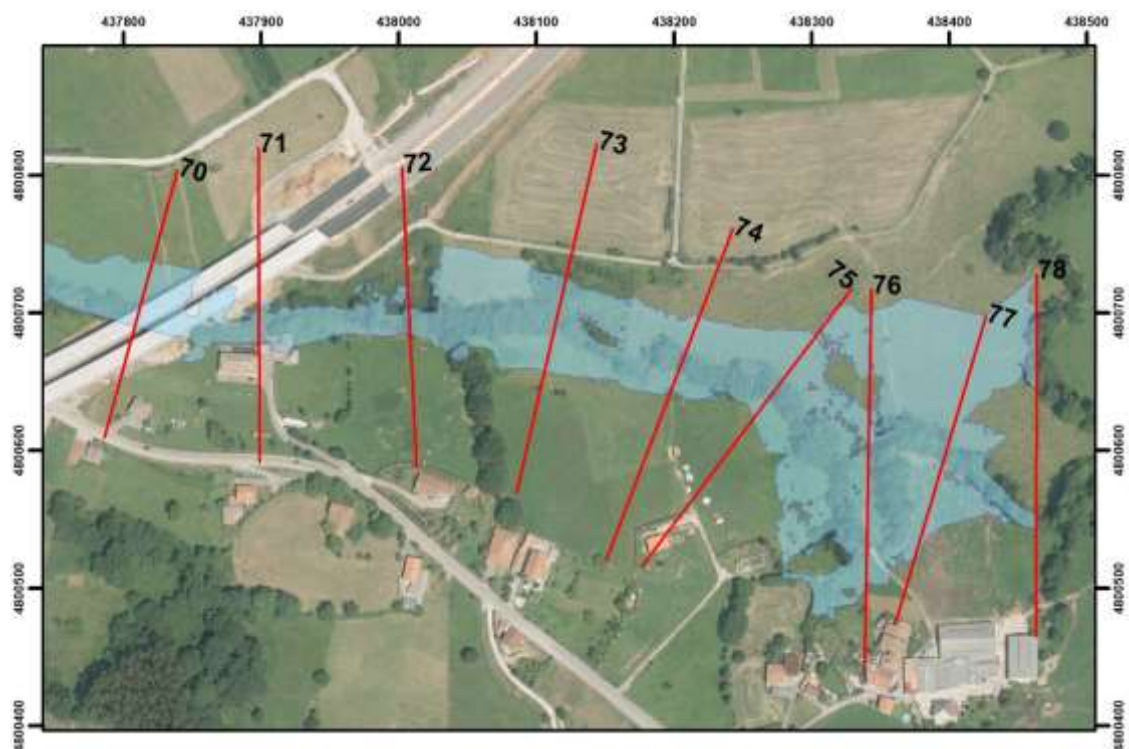


Figura 32. Zona inundable río Pámanes T=500 años



7.1.3. Mapas de velocidades

Junto con los mapas de inundación y los de profundidades, también se han obtenido los mapas de velocidades, en los cuales se puede observar que la mayor velocidad del flujo se ubica en el centro del cauce, lo cual es lógico ya son las zonas donde más caudal y menos sección hay.

Los planos con los mapas de velocidades se pueden ver en el Anejo I.

7.2. ZONA DE FLUJO PREFERENTE

Los resultados que se arrojan, teniendo en cuenta que dicha zona es con la que se rigen la mayoría de los Planes Generales de Ordenación Urbana, no son muy preocupantes, ya que las zonas afectadas en la gran mayoría son praderías.

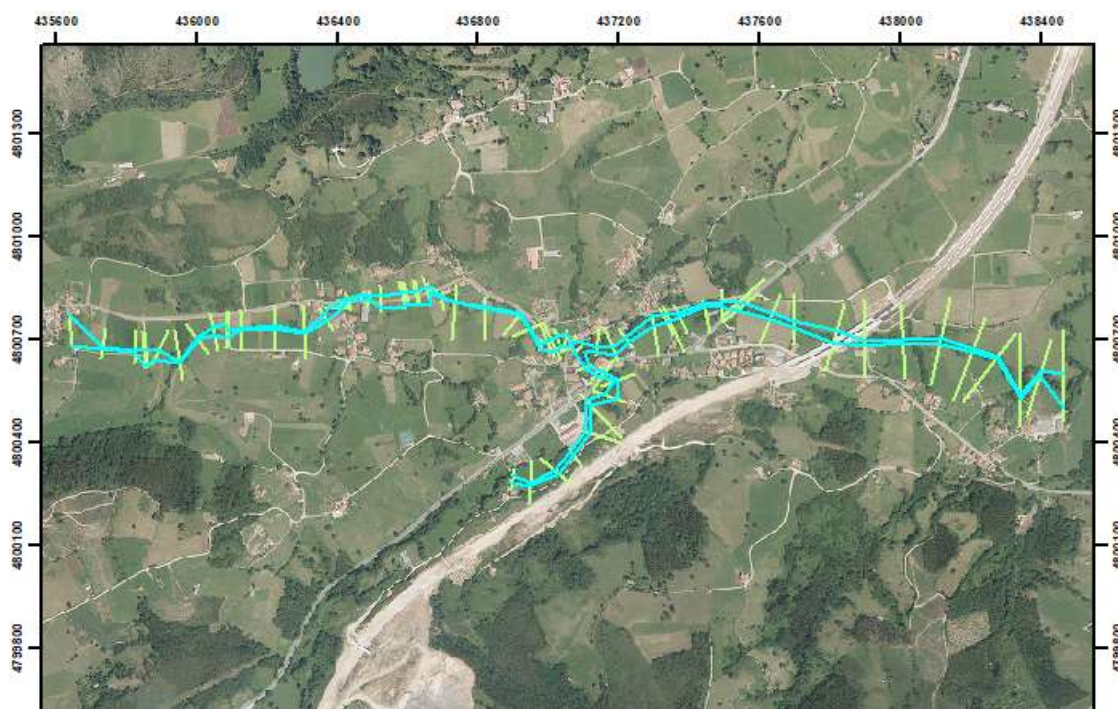


Figura 33. Zona de Flujo Preferente

La única excepción se encuentra en la zona urbana de Pámanes, donde queda totalmente afectada una edificación, sobre la cual se llevarán a cabo las actuaciones pertinentes (figura 24).

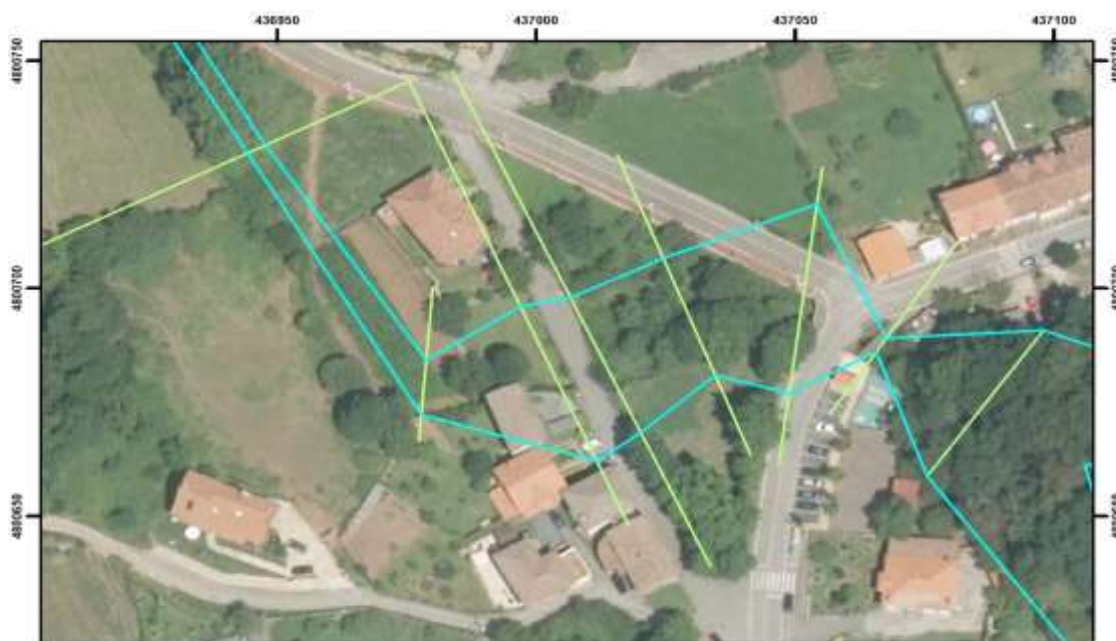


Figura 34. Detalle ZFP

Se puede observar la zona con más detalle en el plano que aparece en el Anejo I.

8. CONCLUSIONES

En este capítulo se extraen las conclusiones a las que se han llegado durante este trabajo, exponiendo mayoritariamente la problemática.

Se comienza con los datos LiDAR, ya que son la principal fuente de datos de este trabajo. Comentar que es una alternativa gratuita que cumple perfectamente las condiciones para poder trabajar con ella, sin embargo,



presenta zonas en las que la densidad de puntos está bastante por debajo de lo esperado.

También decir que las zonas que presentan vegetación densa, como en este caso son los márgenes del río, dificultan la modelización del mismo.

Los datos LiDAR son una gran fuente de datos clasificados, se ha verificado la necesidad de una correcta clasificación para su uso con mayor precisión.

Otra conclusión a la que se ha podido llegar, es que en algunos casos los perfiles longitudinales de partida no eran lo suficientemente extensos. Se llega a esta conclusión una vez calculada la zona de inundación, viendo que ésta queda restringida por la longitud de los perfiles. Puede llegar a justificarse esta falta de longitud, teniendo en cuenta las condiciones del terreno. En la mayoría de casos donde la longitud de los perfiles restringe la zona de inundación, el terreno no está constituido por dos pendientes contrarias que terminan en el cauce, sino que está compuesto de una única pendiente, y por lo tanto los perfiles tendrían una longitud desmesurada.

En cuanto a las conclusiones obtenidas de los resultados hidráulicos, comentar que la carretera CA-405 tiene unas altas probabilidades de quedar inundada cuando se produzcan desbordes en el regato de Sierra Llana, ya que, con un período de retorno de 10 años, la mancha de inundación cubre la carretera en distintas zonas de la misma.

La carretera CA-904 también tiene probabilidades de quedar cubierta, pero mucho menores. Tan solo se producen desbordamientos sobre la misma para un período de retorno de 500 años, y en un tramo corto.

La mayor parte de las zonas inundadas en cada uno de los períodos de retorno son zonas de praderas.



En cuanto a edificaciones hay que hacer mención a una en particular, aguas abajo del perfil 71, la cual queda cubierta parcialmente en todos y cada uno de los períodos de retorno.

Las conclusiones derivadas de la Zona de Flujo Preferente son las siguientes; La única zona de riesgo se encuentra aguas arriba del puente 9, donde una edificación queda completamente cubierta por la Zona de Flujo Preferente, sobre la cual se tendrán que llevar a cabo las actuaciones necesarias.

En cuanto a lo que resta dentro de dicho área se tratan en su mayoría de praderías, salvo un pequeño tramo que afecta a la carretera CA-405.



*Escuela Técnica Superior de Ingenieros de
Caminos, Canales y Puertos.
Universidad de Cantabria*

*Modelización hidráulica a partir de datos LiDAR
en el río Pámanes*



ANEJO I. PLANOS



*Escuela Técnica Superior de Ingenieros de
Caminos, Canales y Puertos.
Universidad de Cantabria*

*Modelización hidráulica a partir de datos LiDAR
en el río Pámanes*



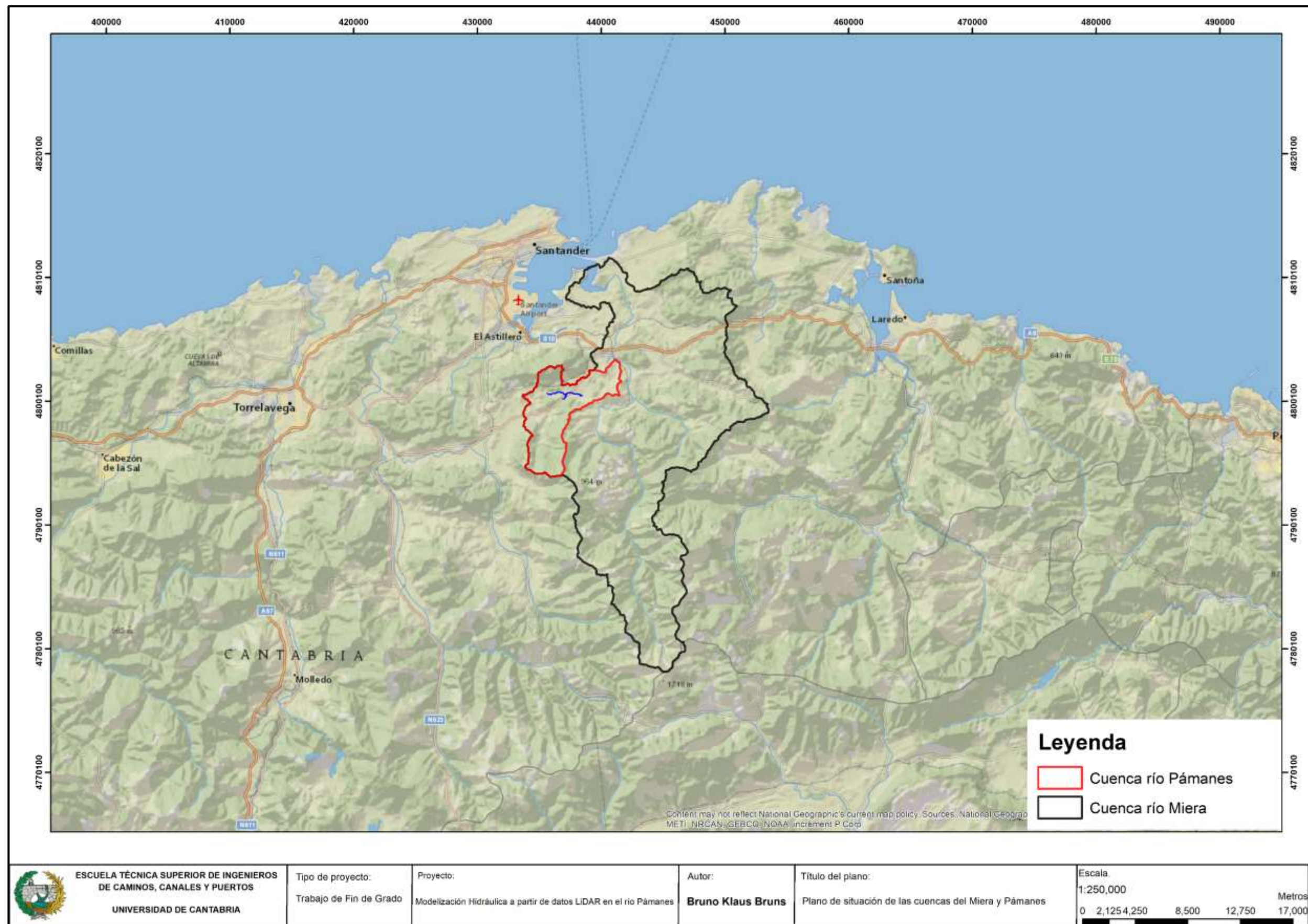
ÍNDICE DE PLANOS

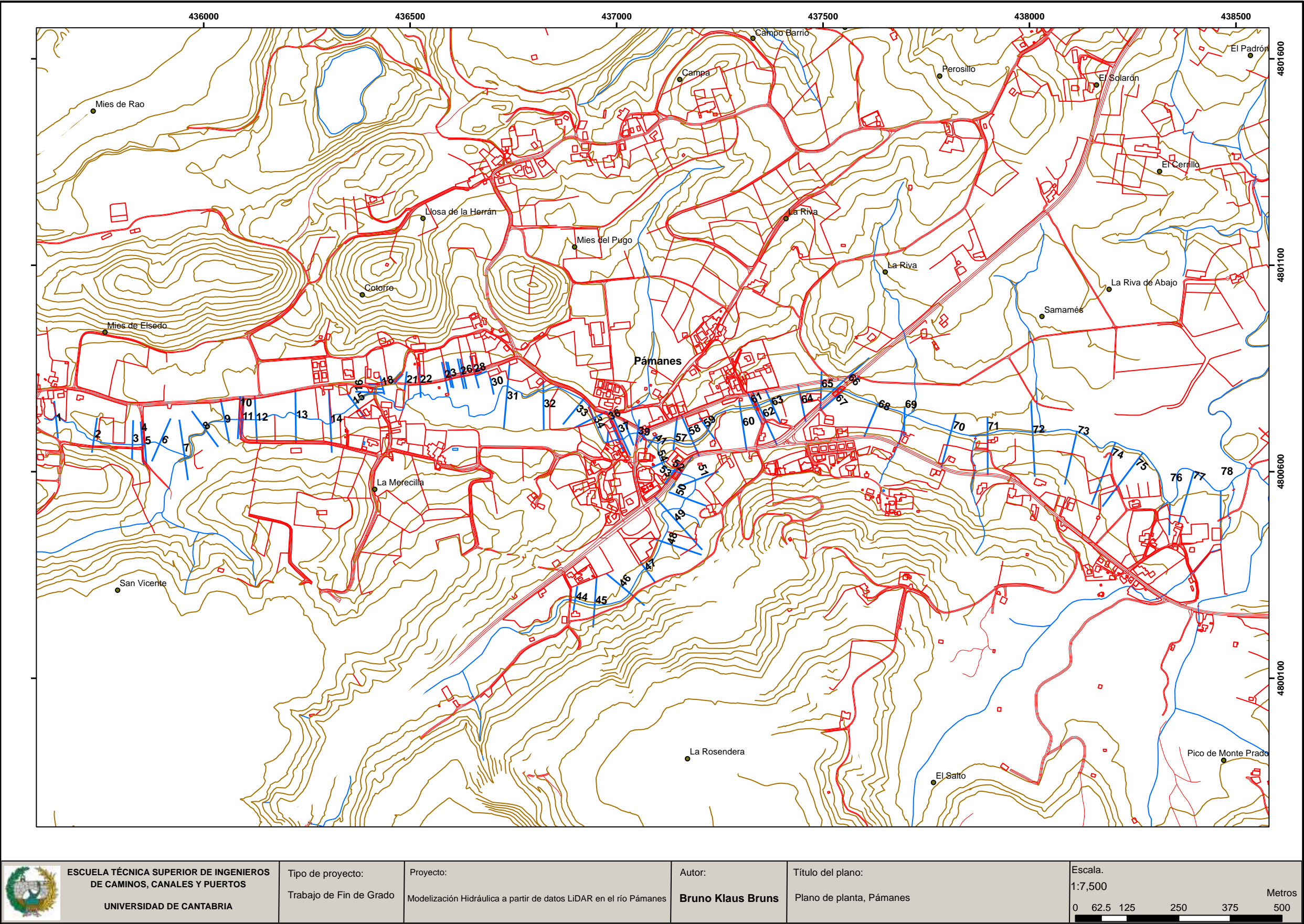
1. Planos generales de la zona
 - 1.1. Plano de situación
2. Planos de definición de la zona de estudio
 - 2.1. Plano de planta
 - 2.2. Plano litológico
 - 2.3. Plano de usos de suelo
 - 2.4. Plano coeficientes de Manning
3. Planos de resultados de cálculos
 - 3.1. Planos de zonas inundadas
 - 3.2. Planos de profundidades en zonas de inundación
 - 3.3. Planos de velocidades en zonas de inundación
 - 3.4. Plano de la Zona de Flujo Preferente
4. Plano TIN
 - 4.1. Plano detalle del cauce

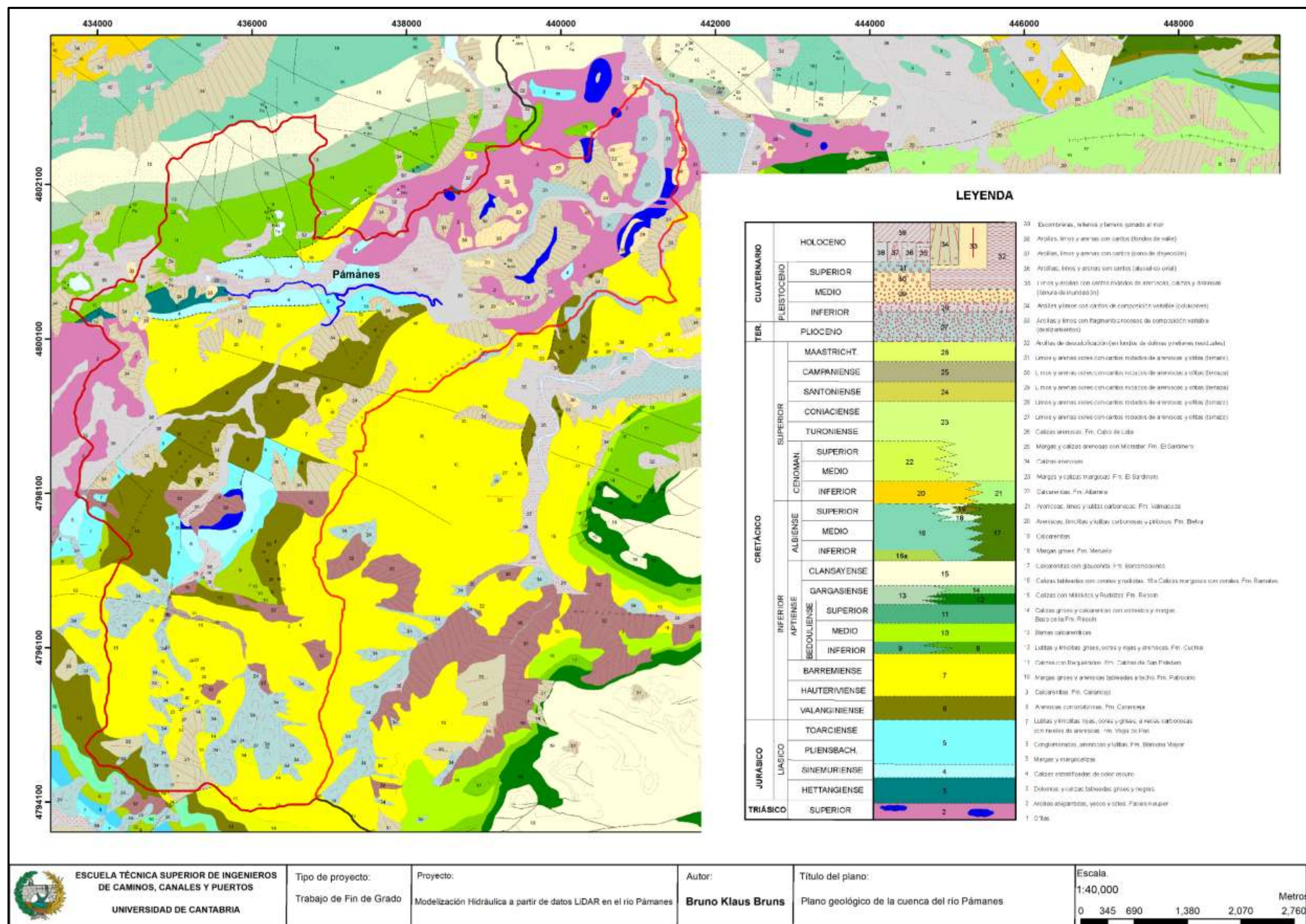


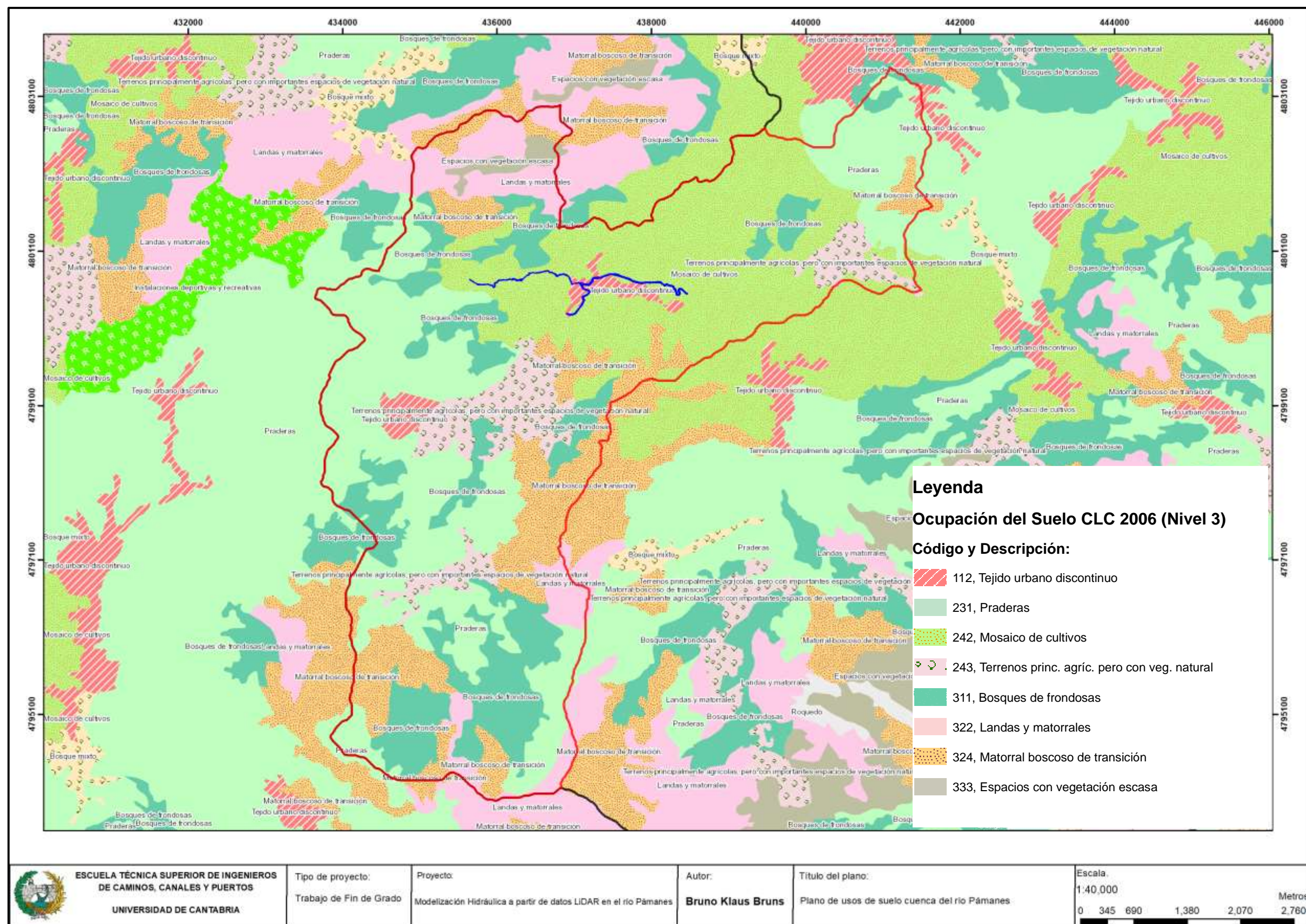
*Escuela Técnica Superior de Ingenieros de
Caminos, Canales y Puertos.
Universidad de Cantabria*

*Modelización hidráulica a partir de datos LiDAR
en el río Pámanes*

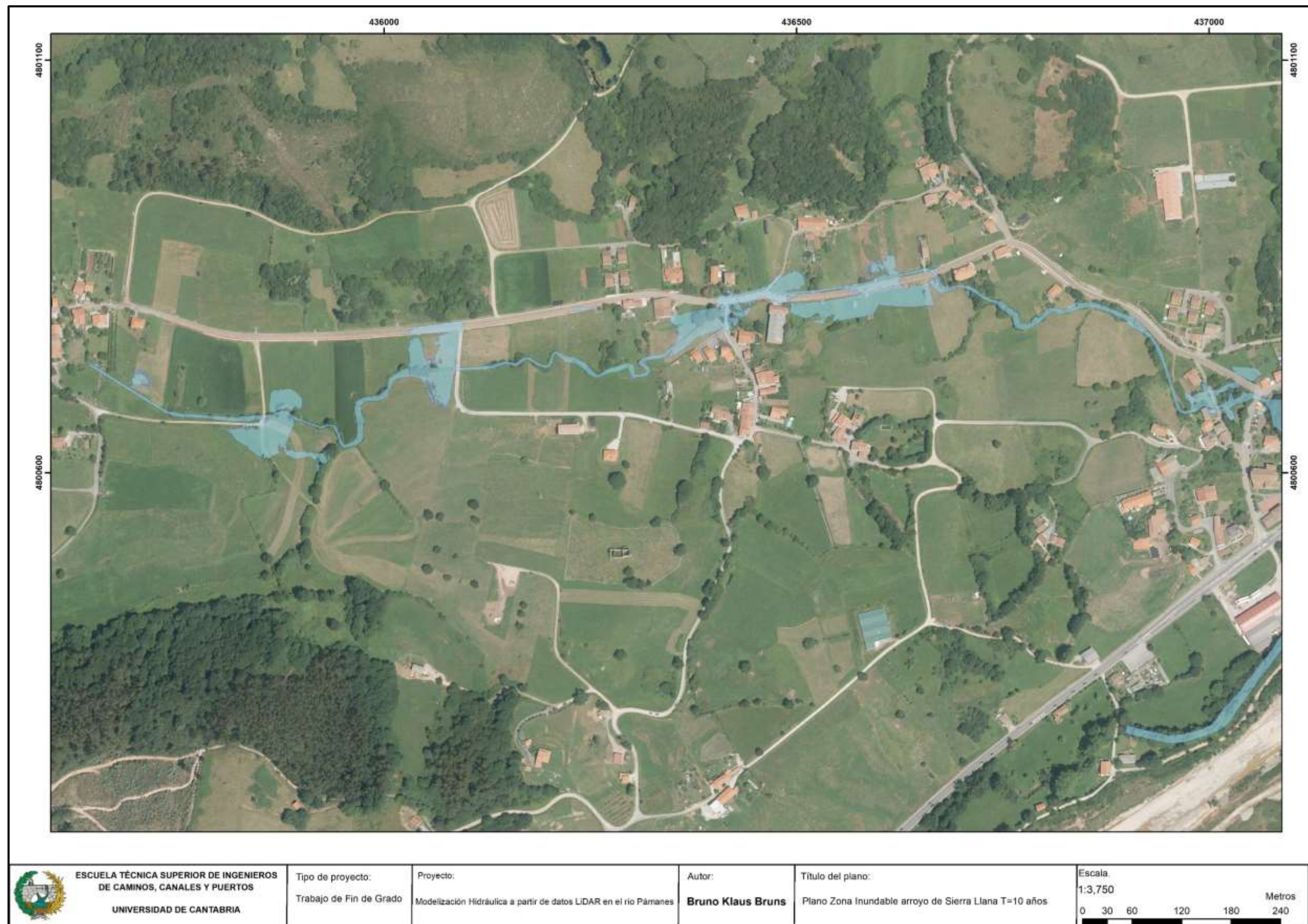


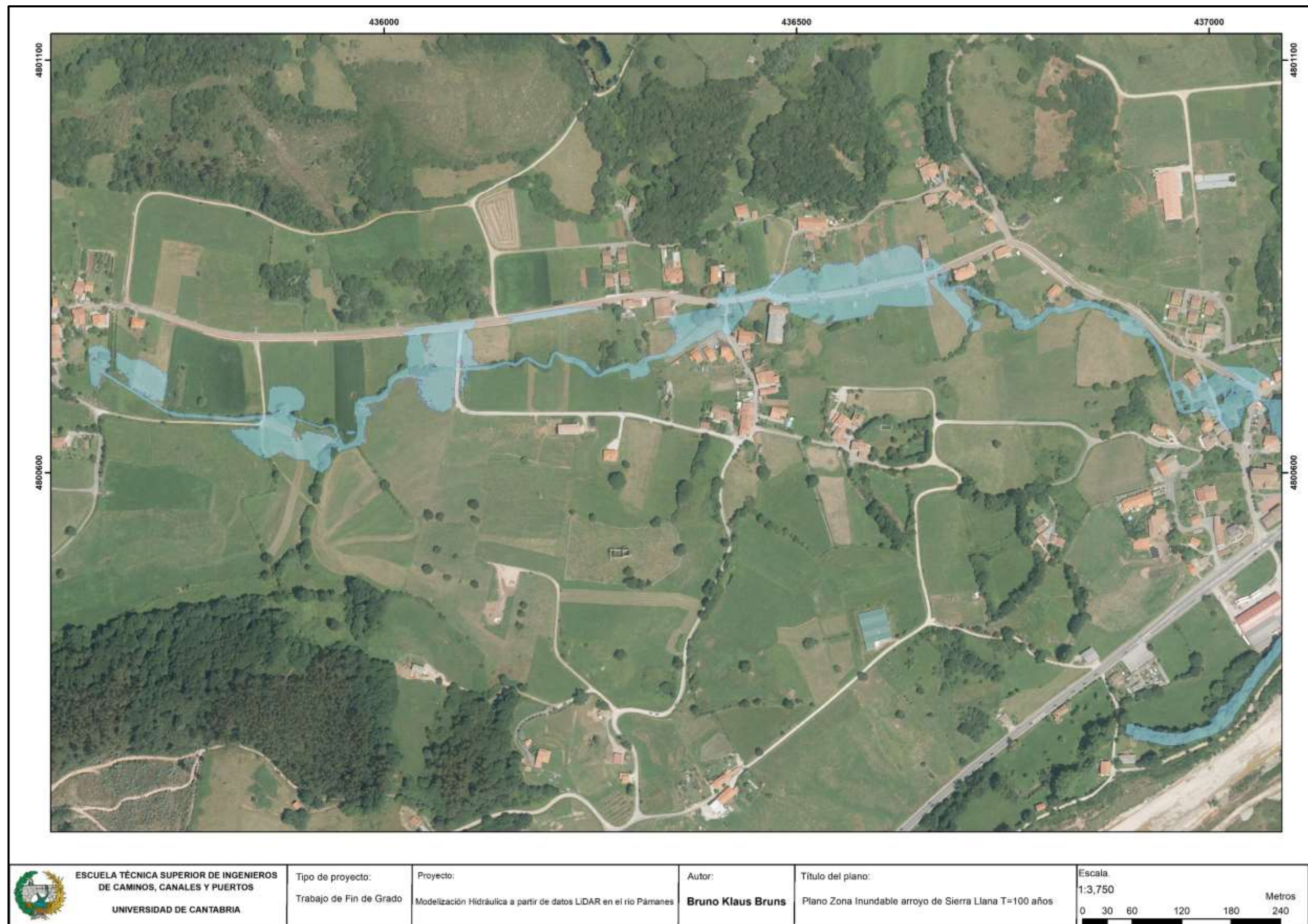


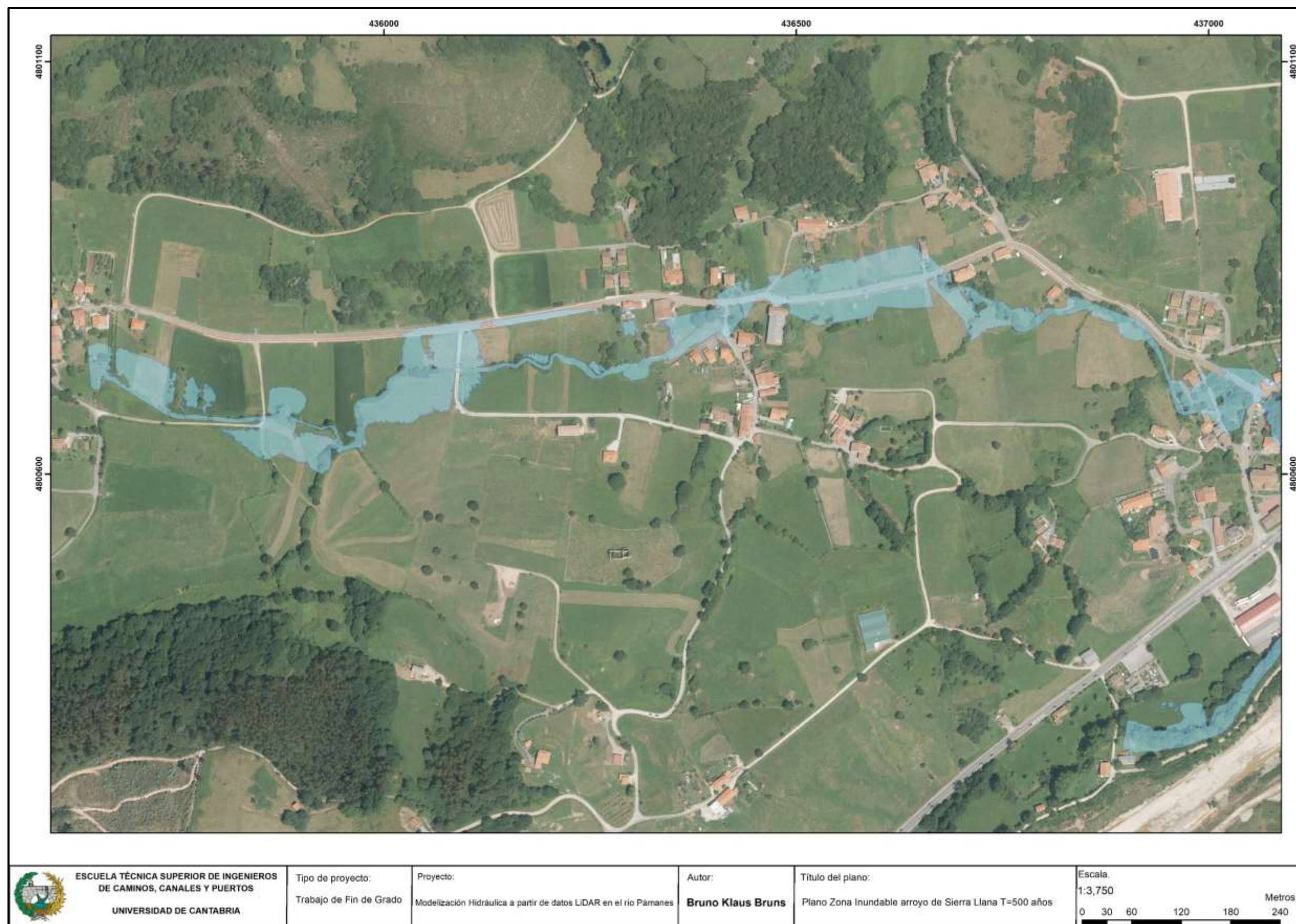


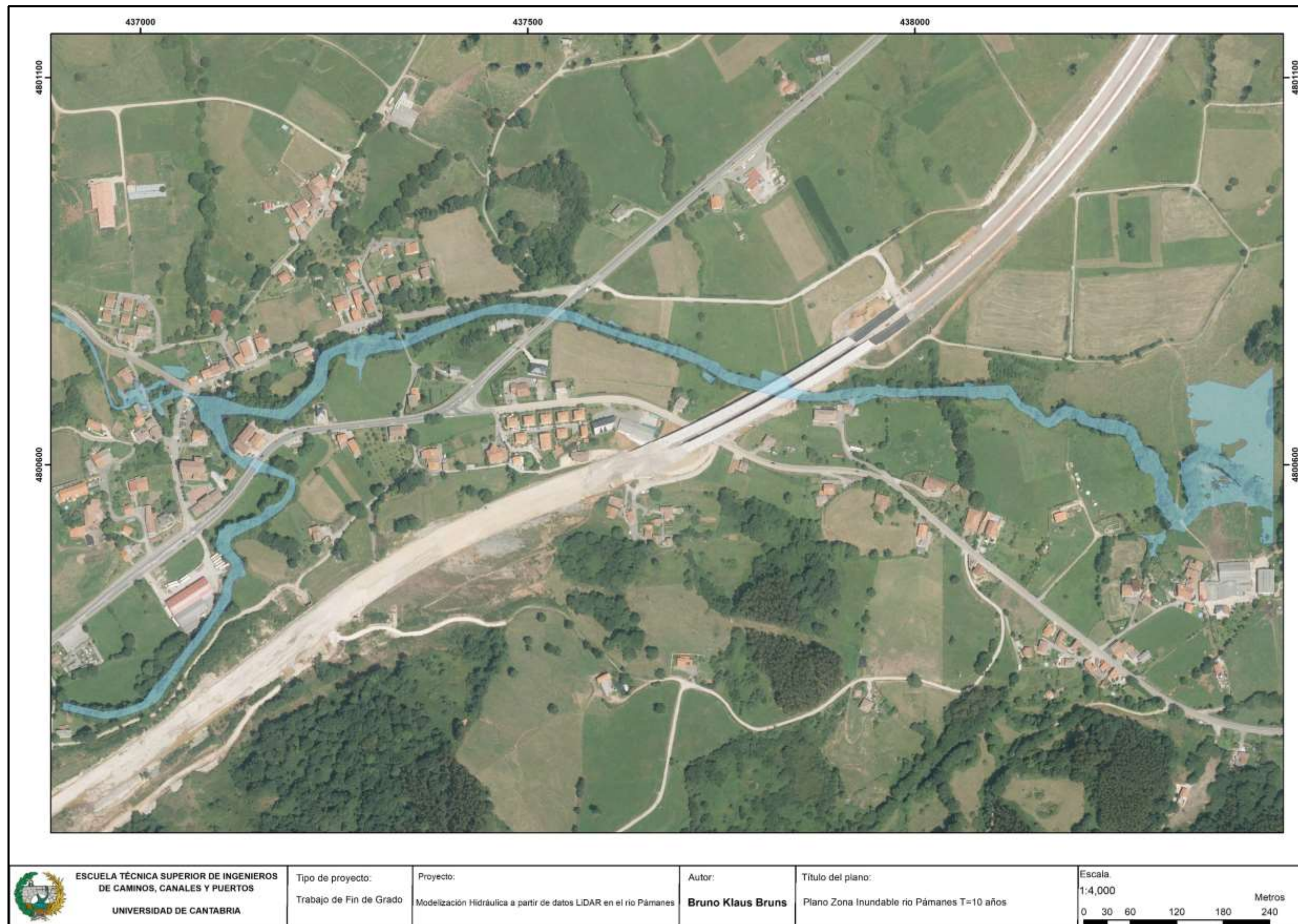


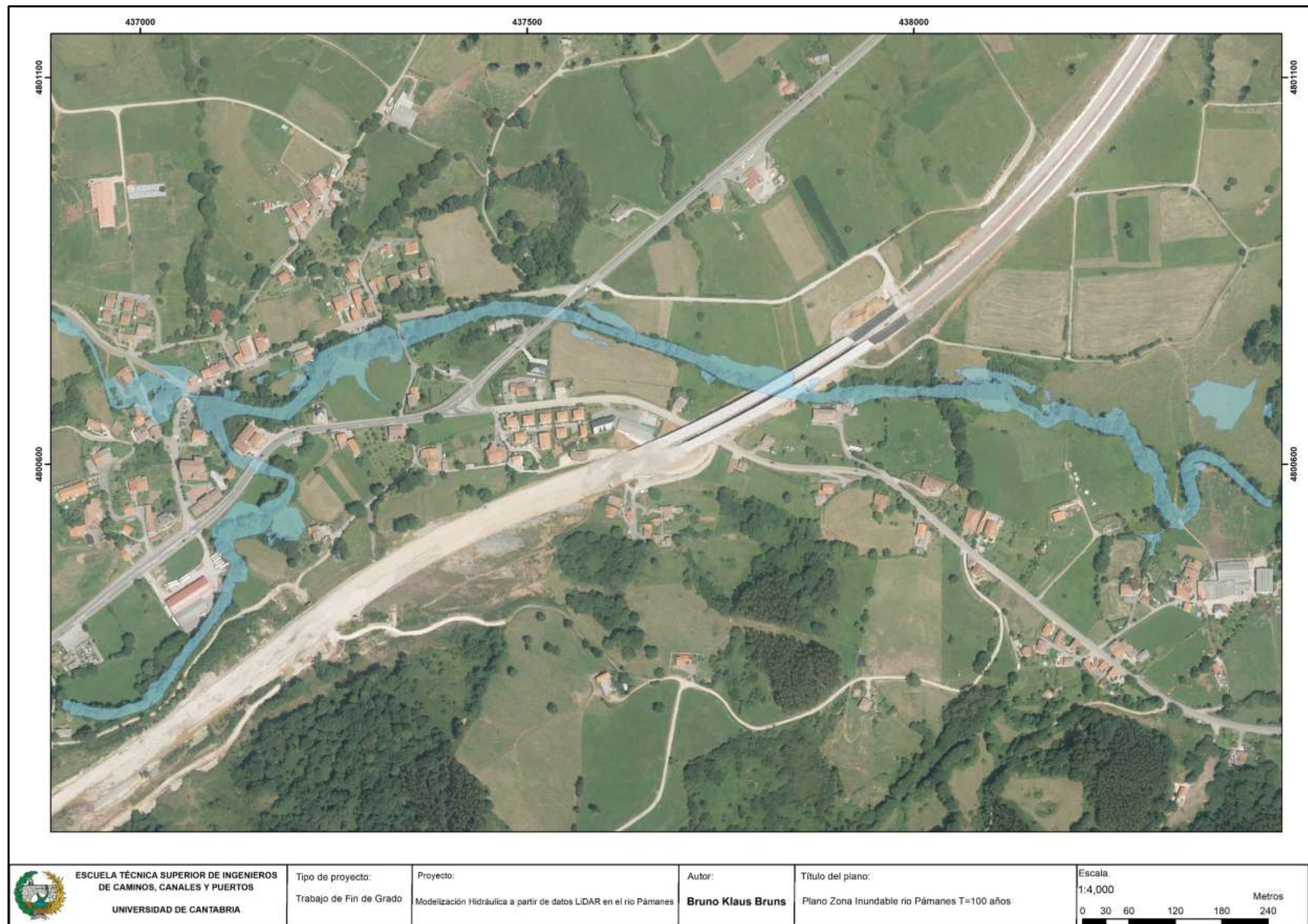


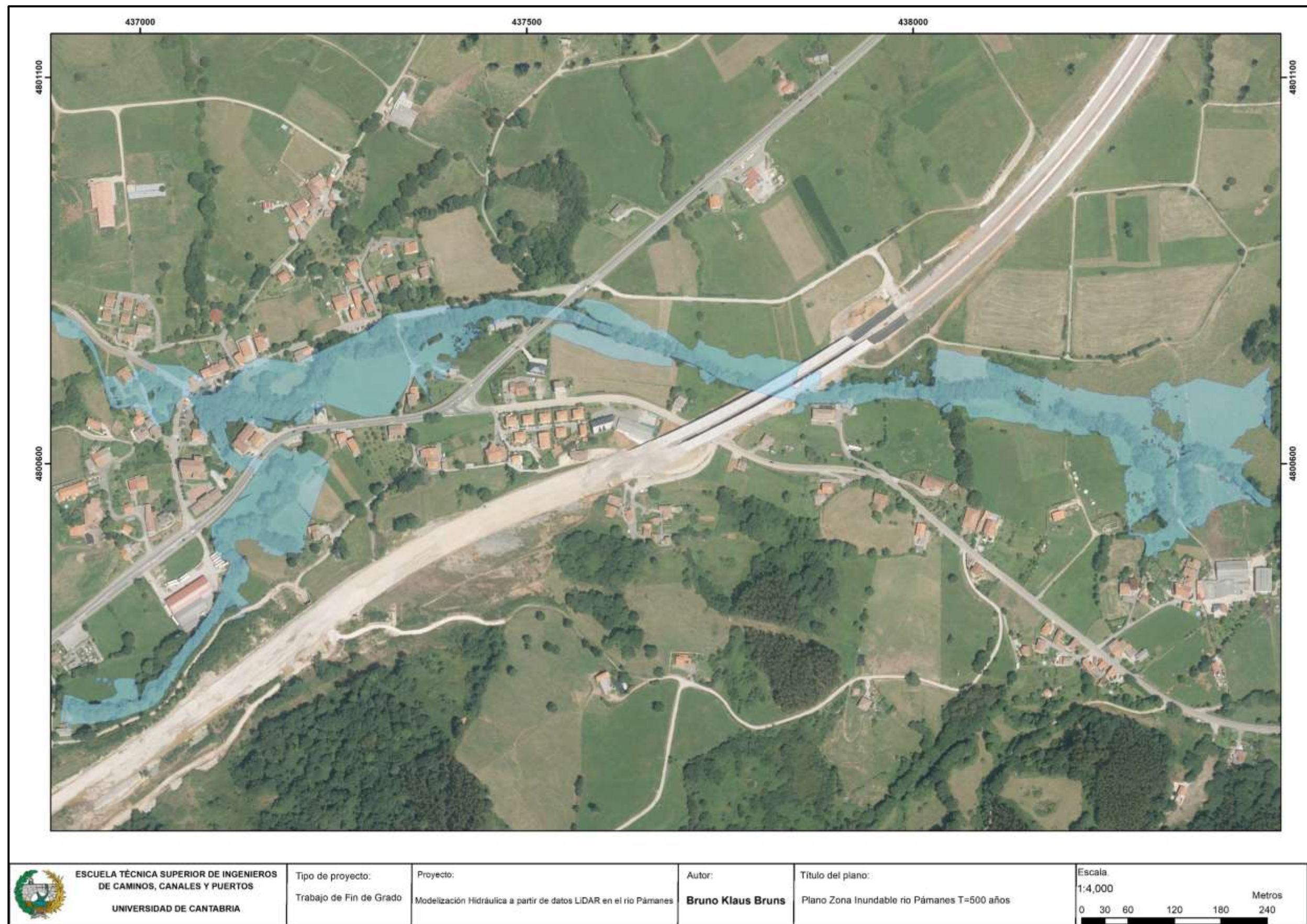


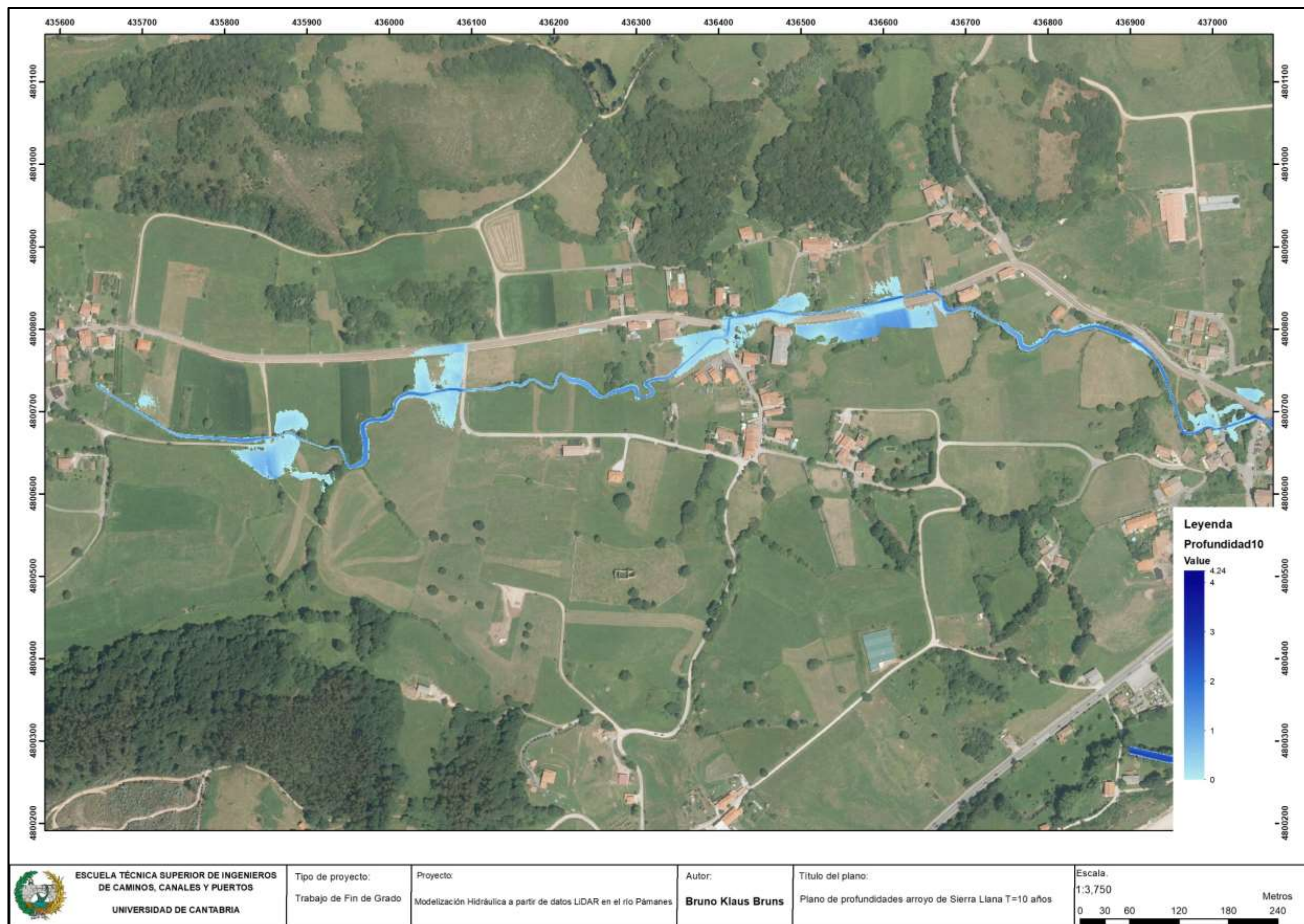


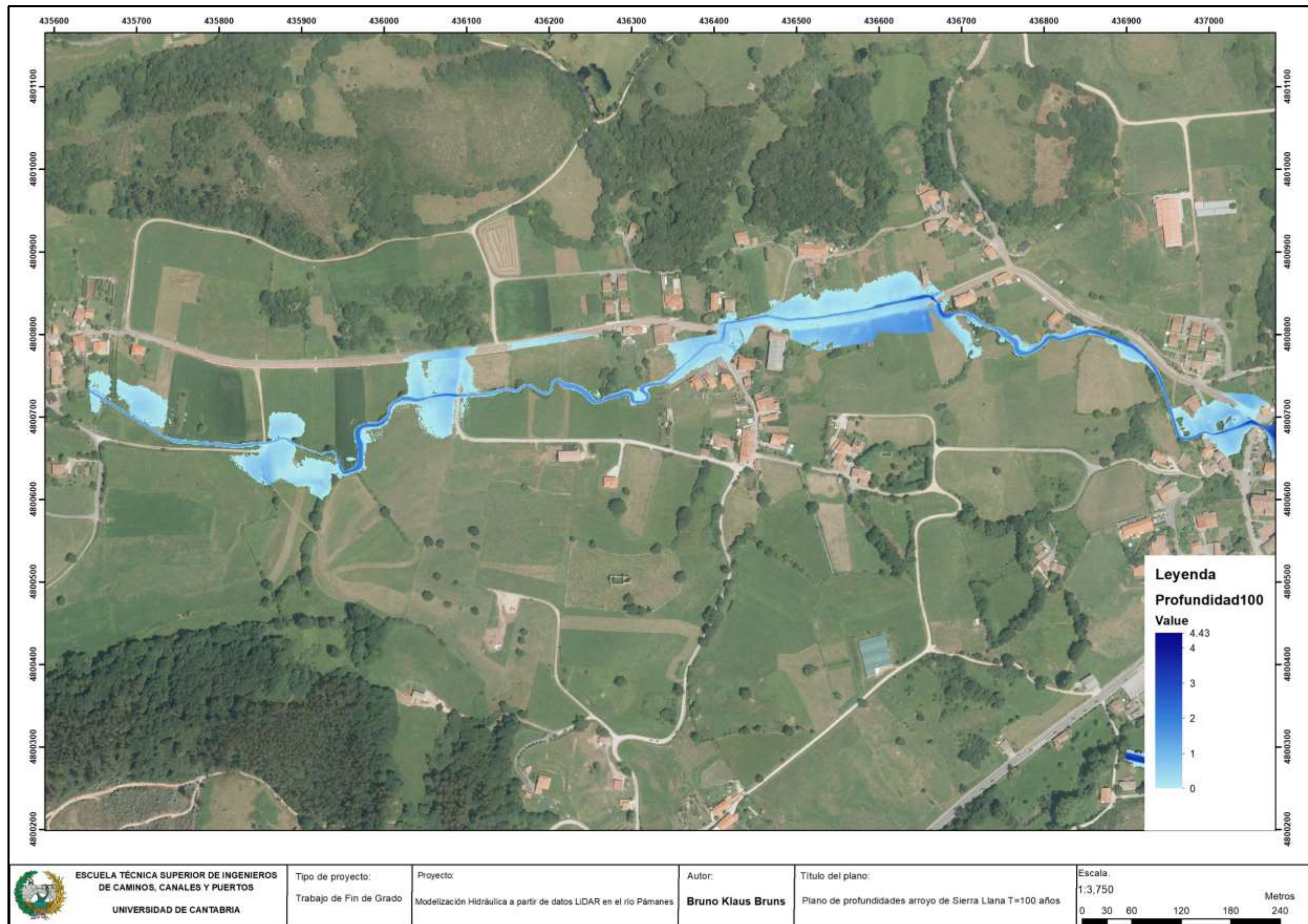


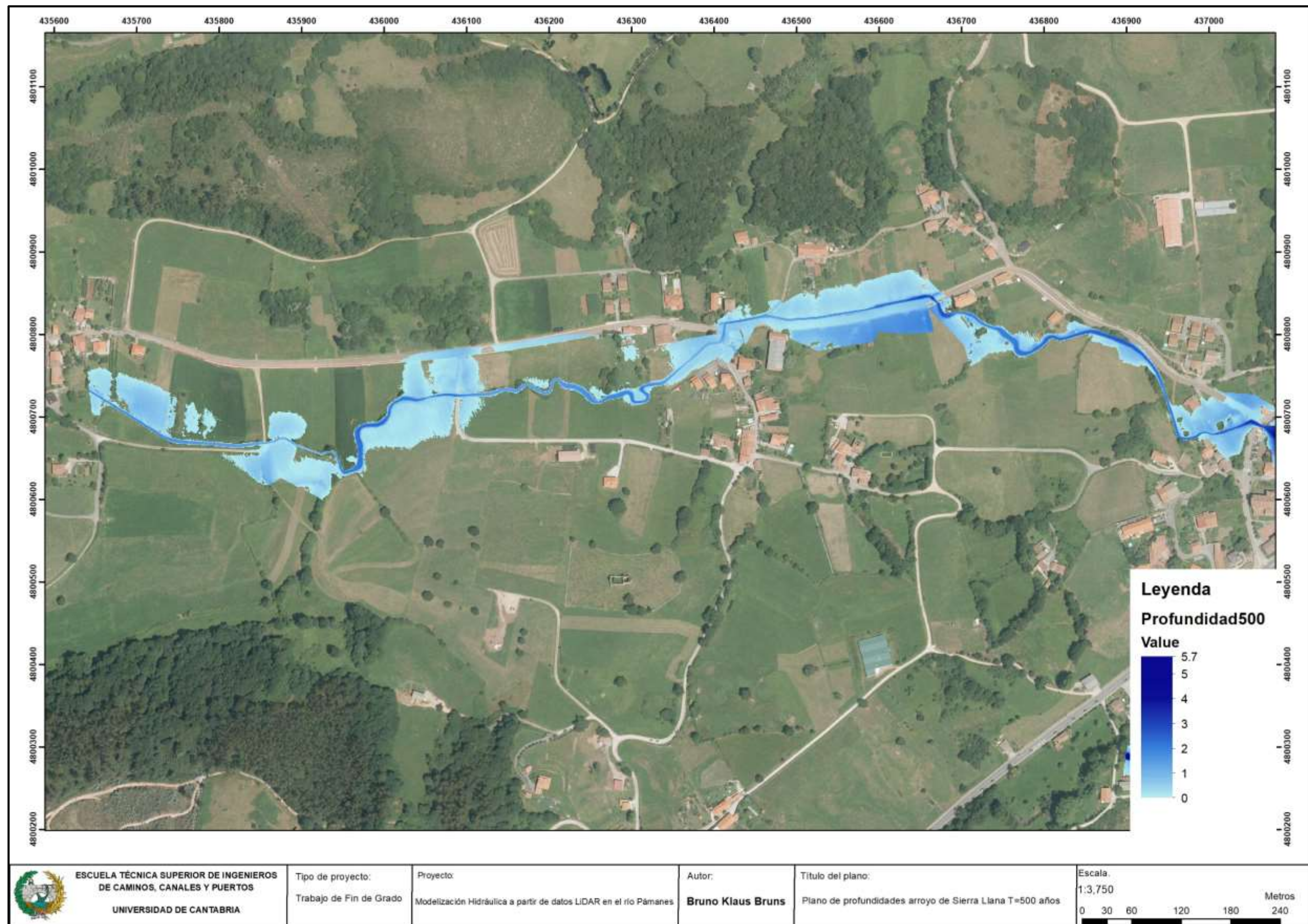




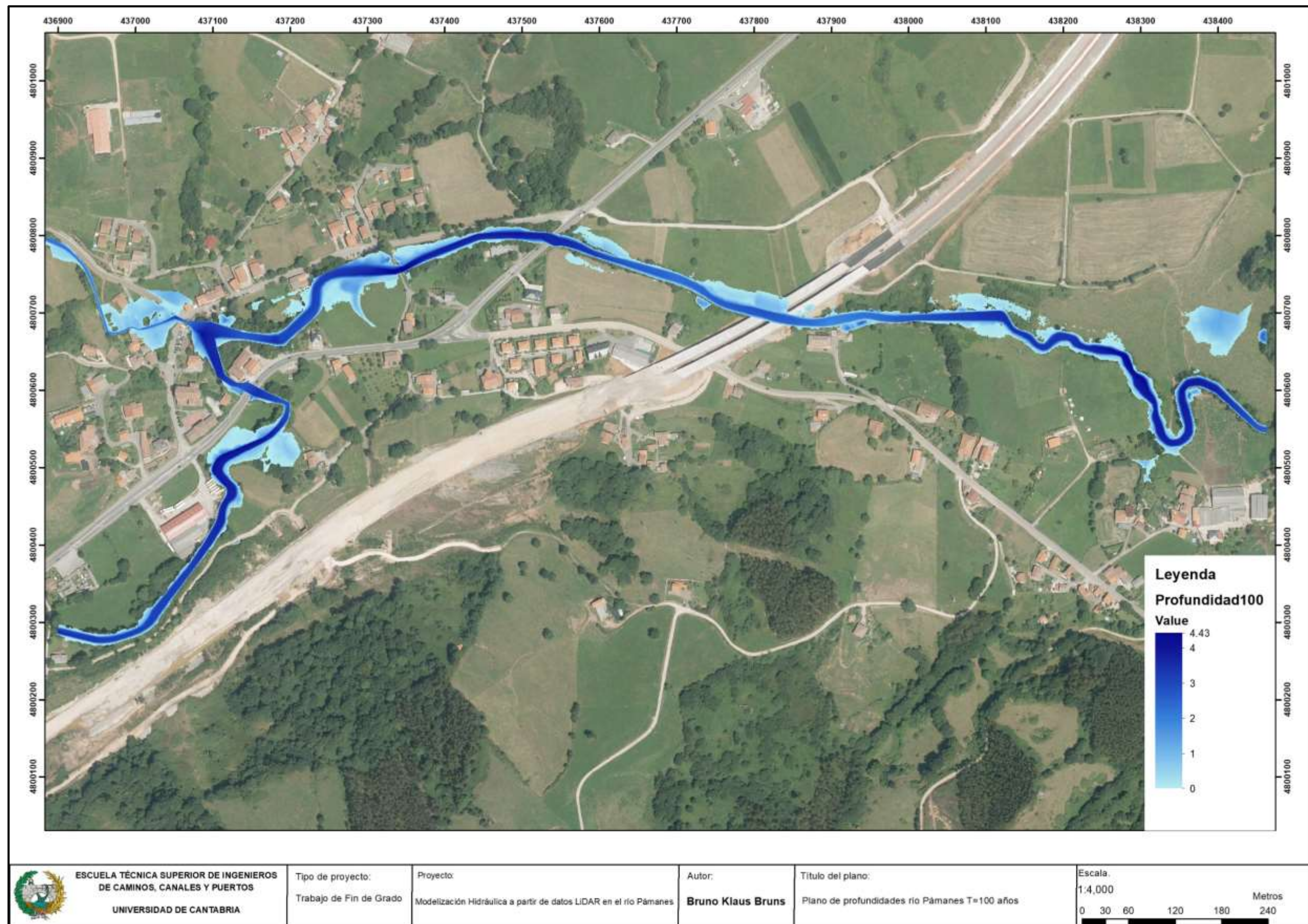


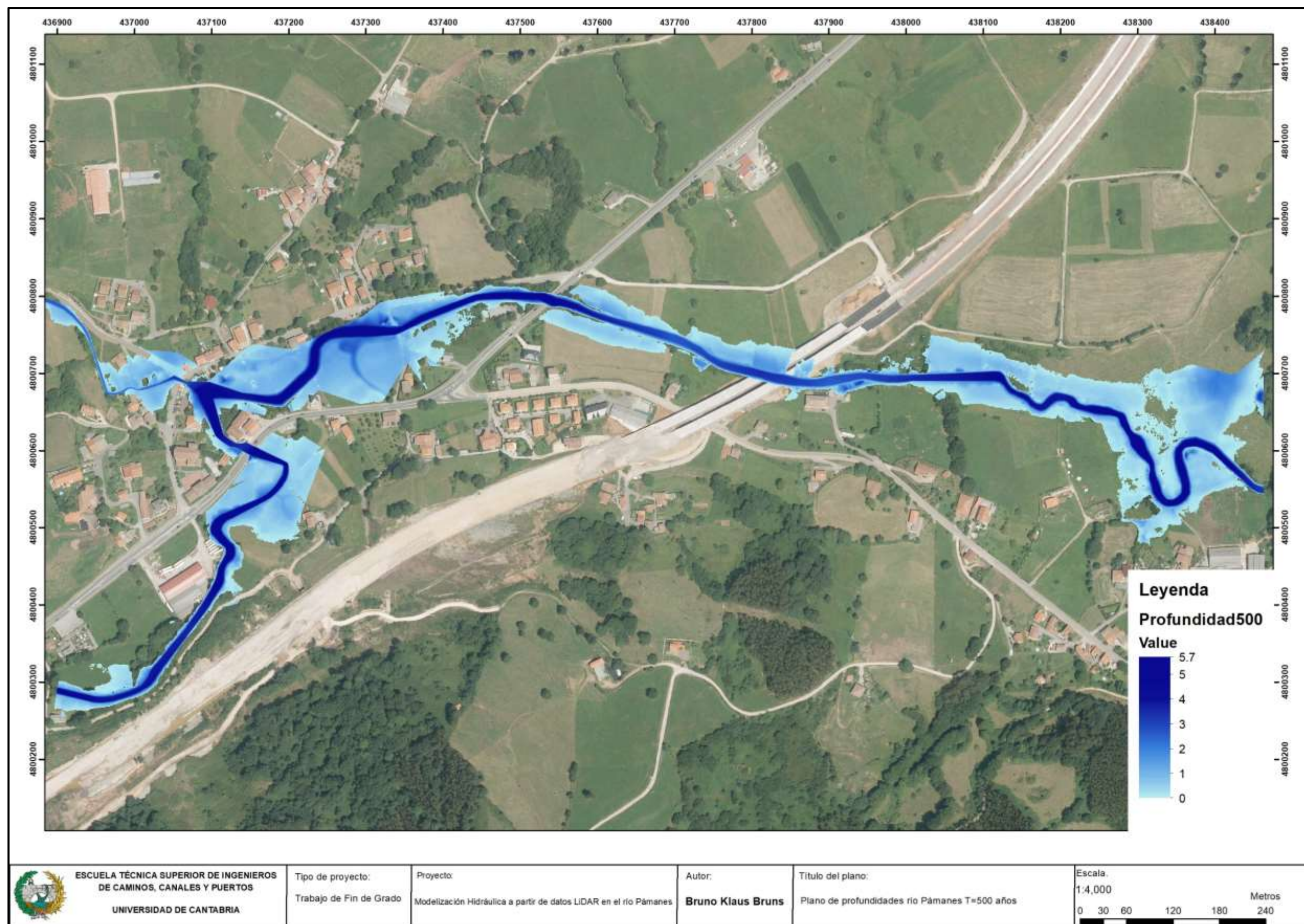


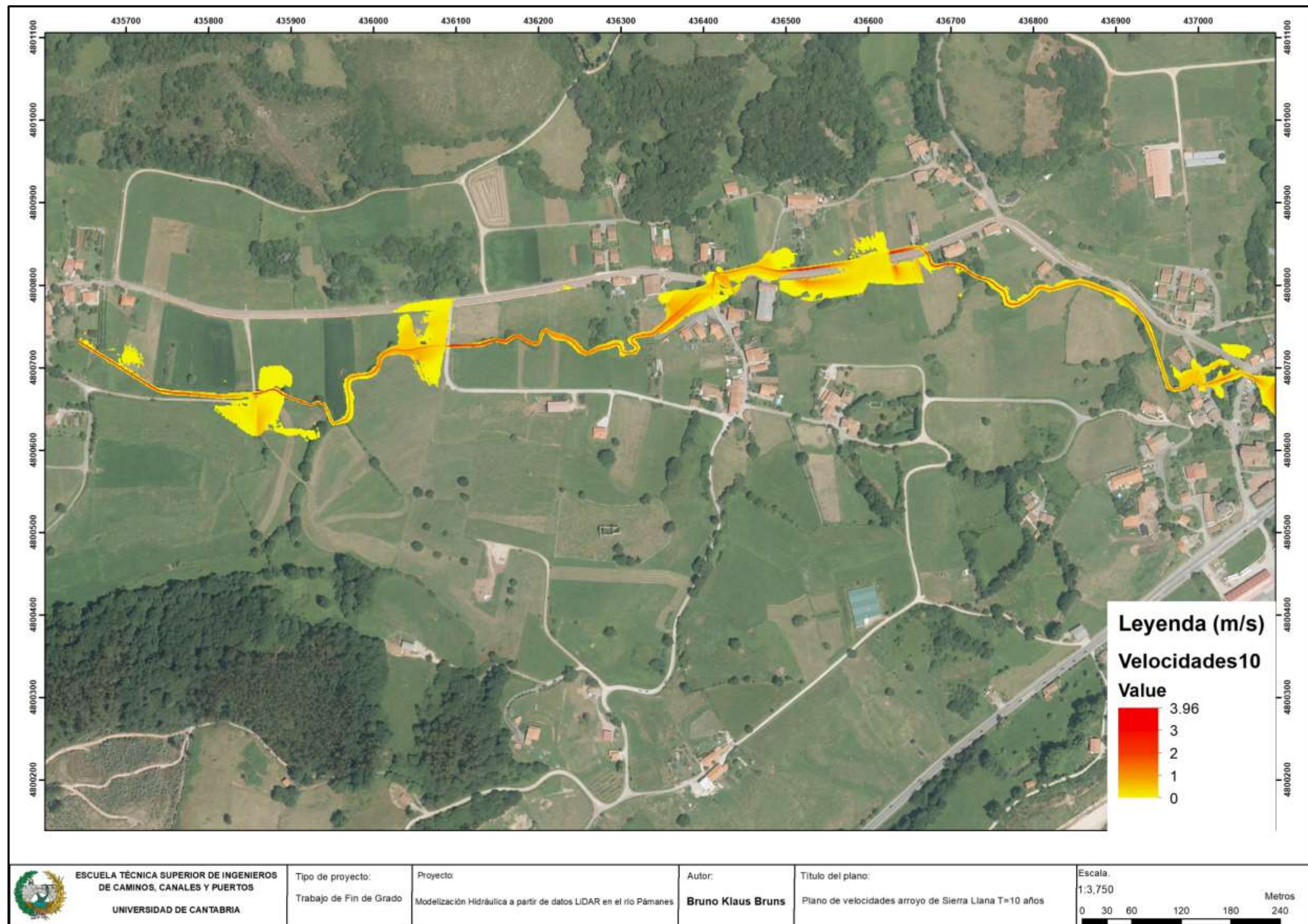


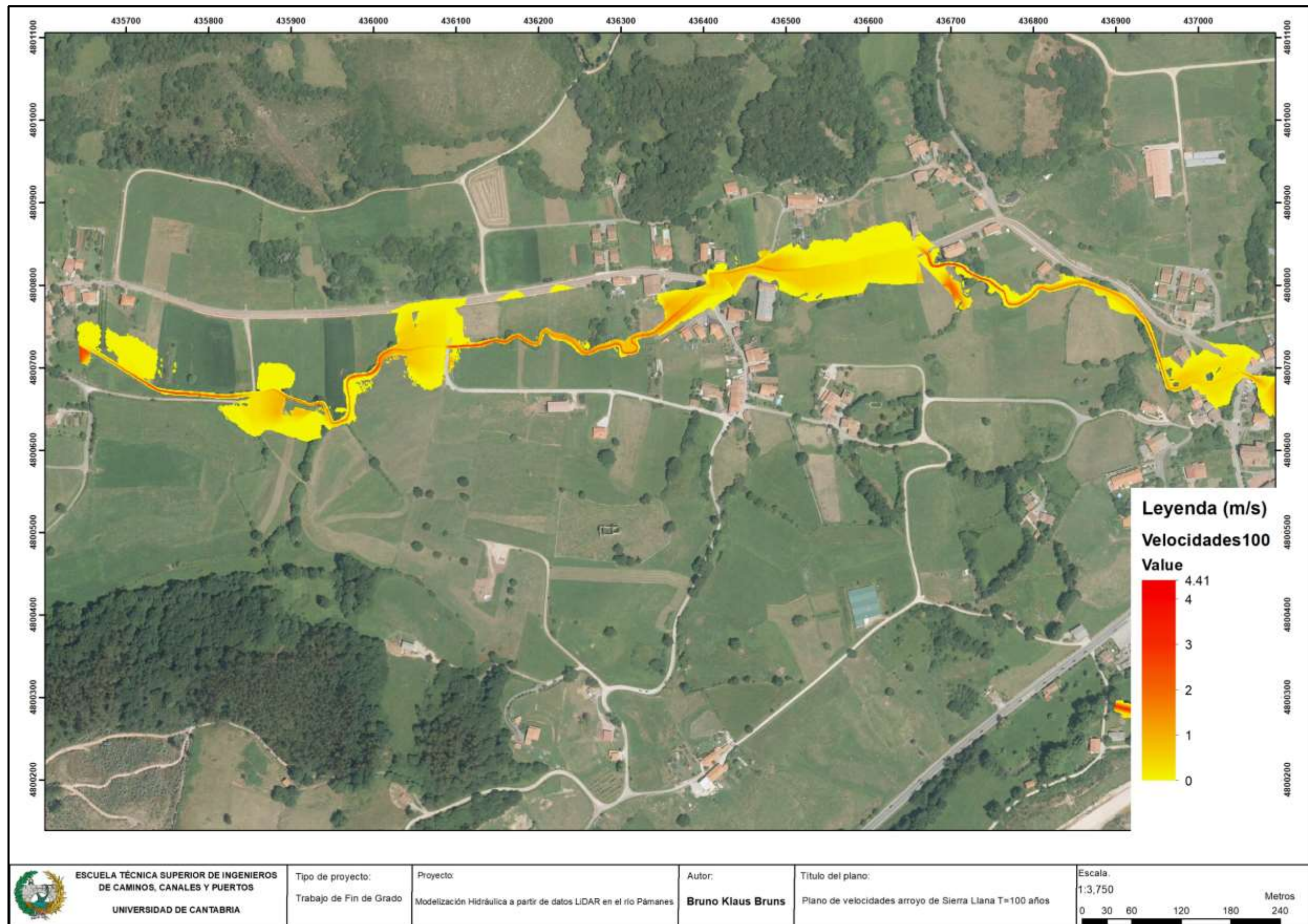


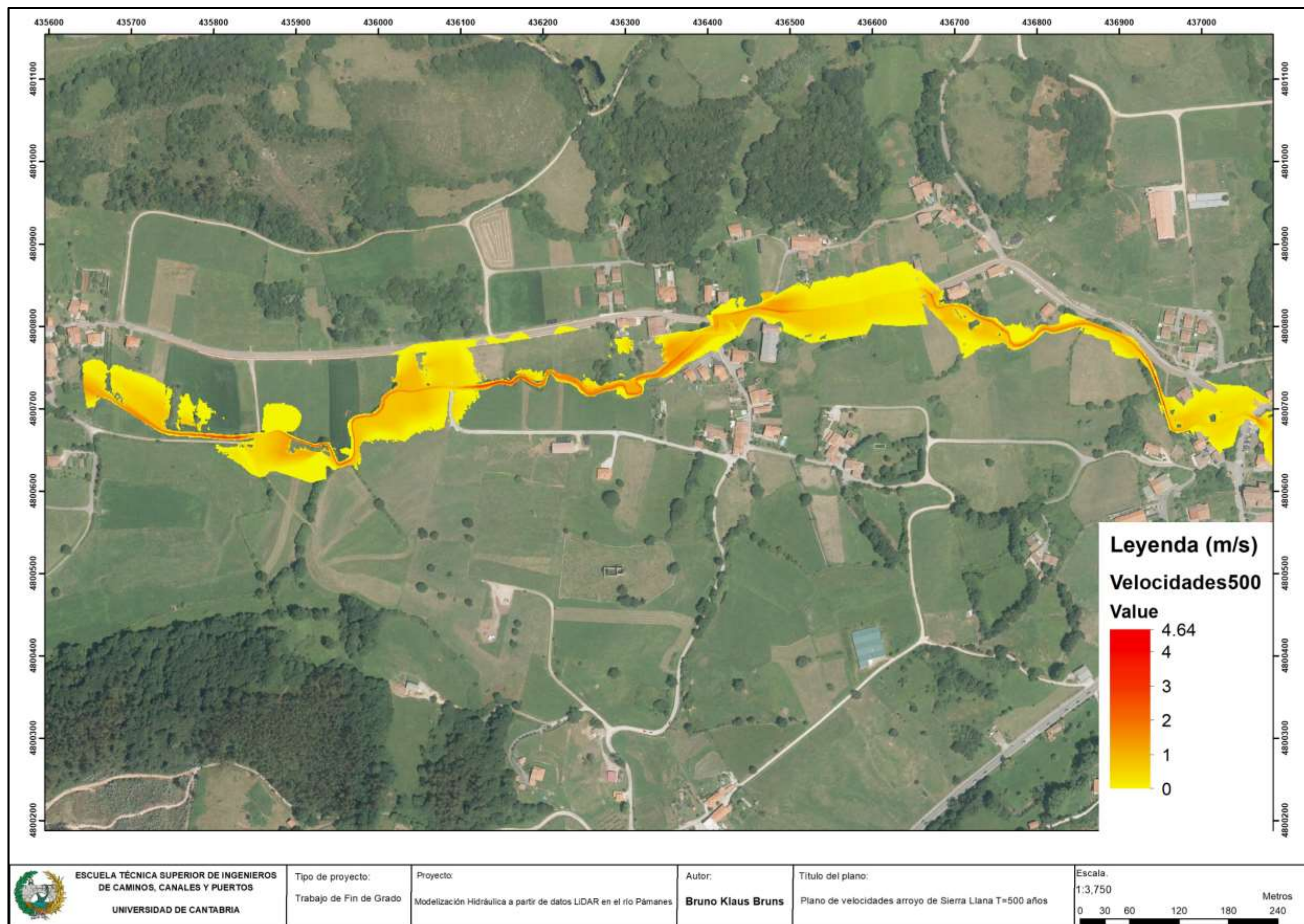


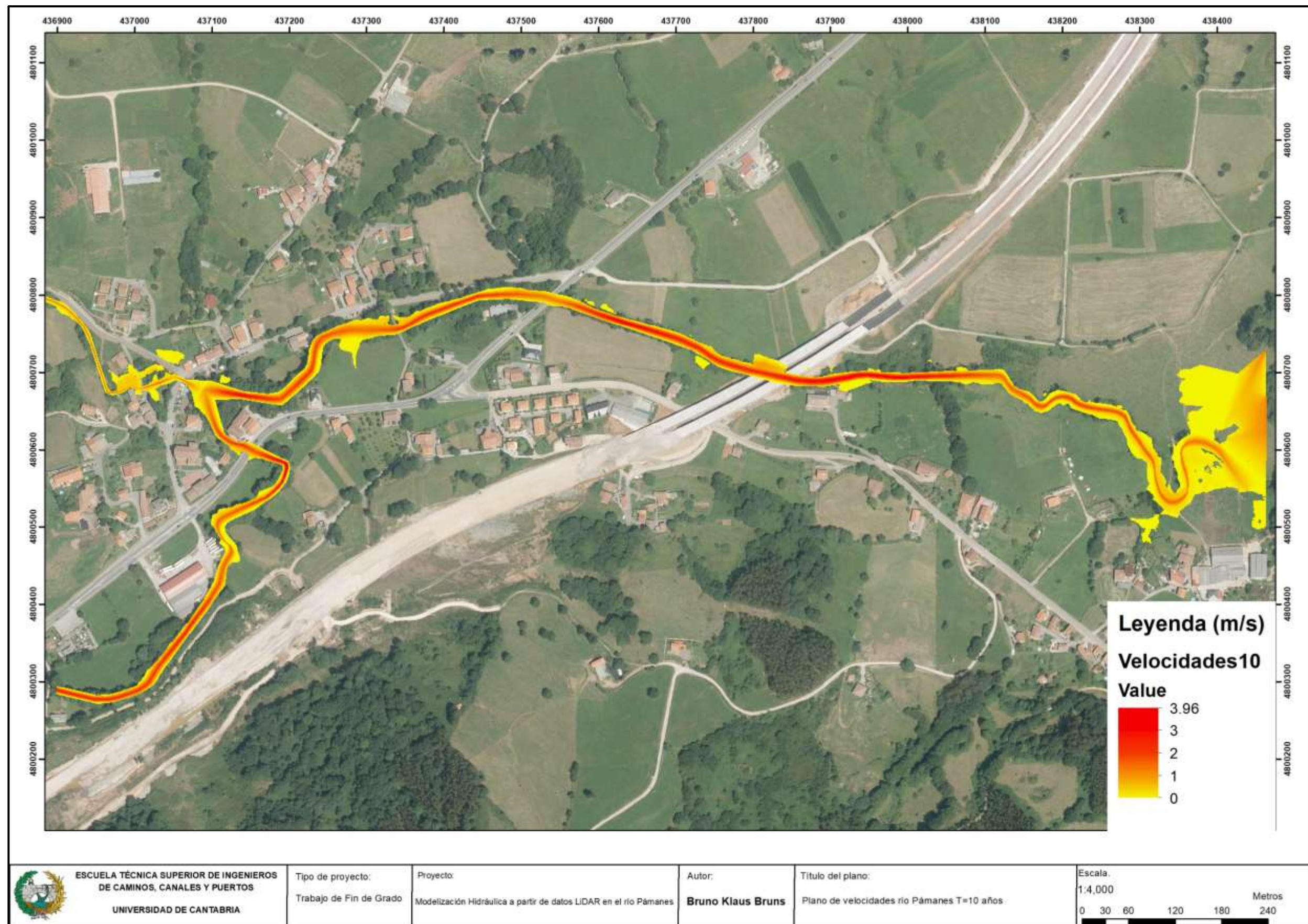


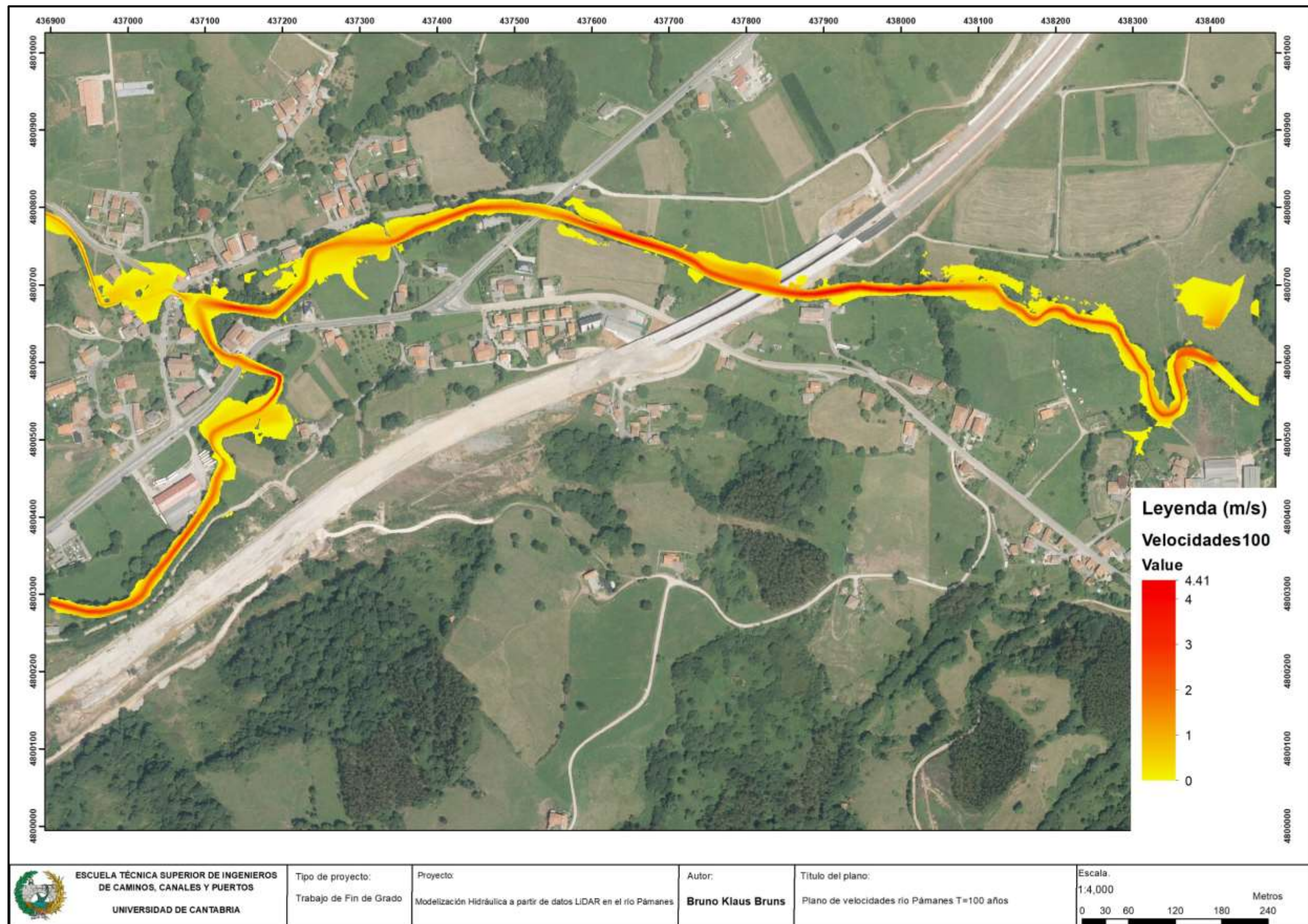


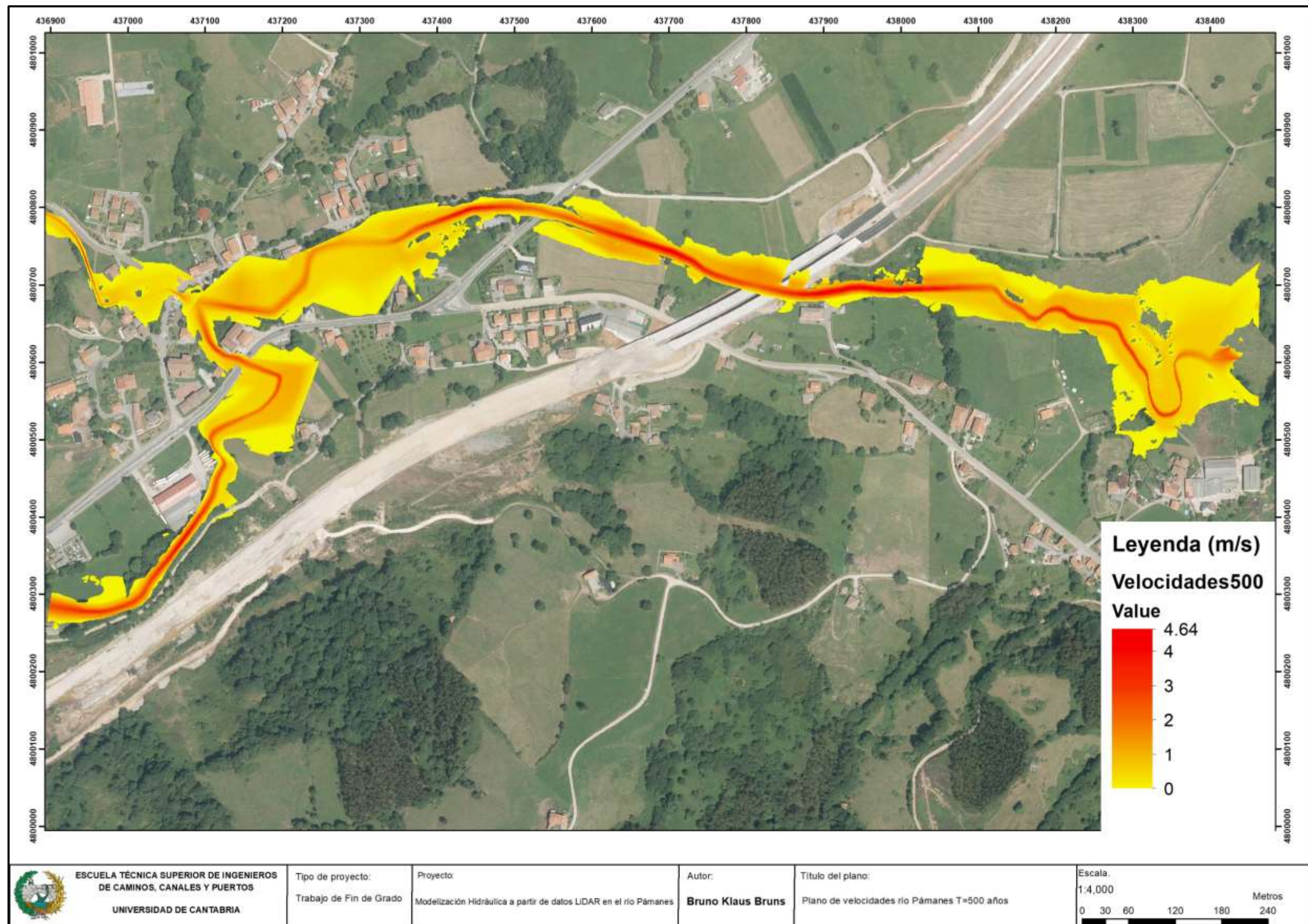


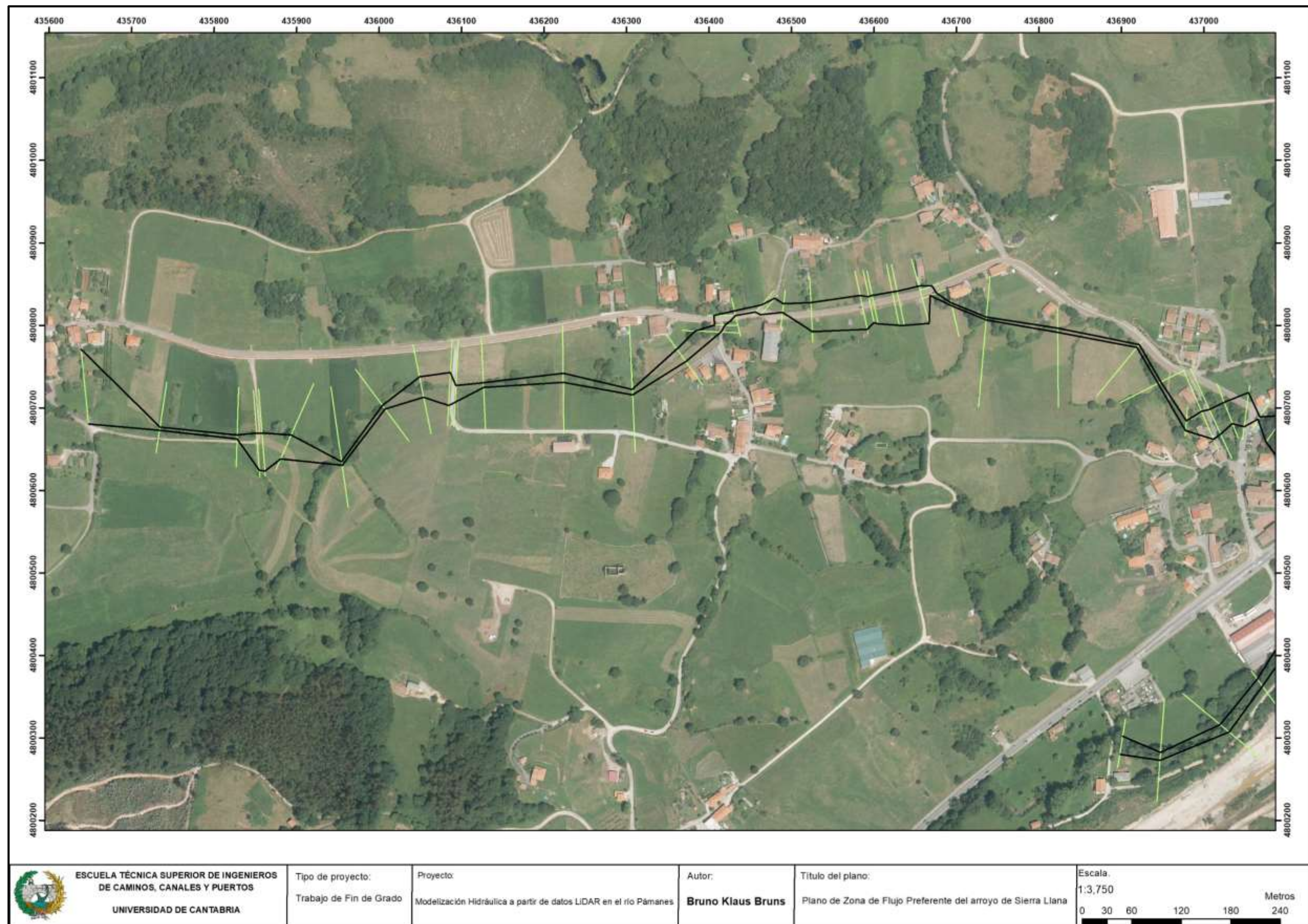


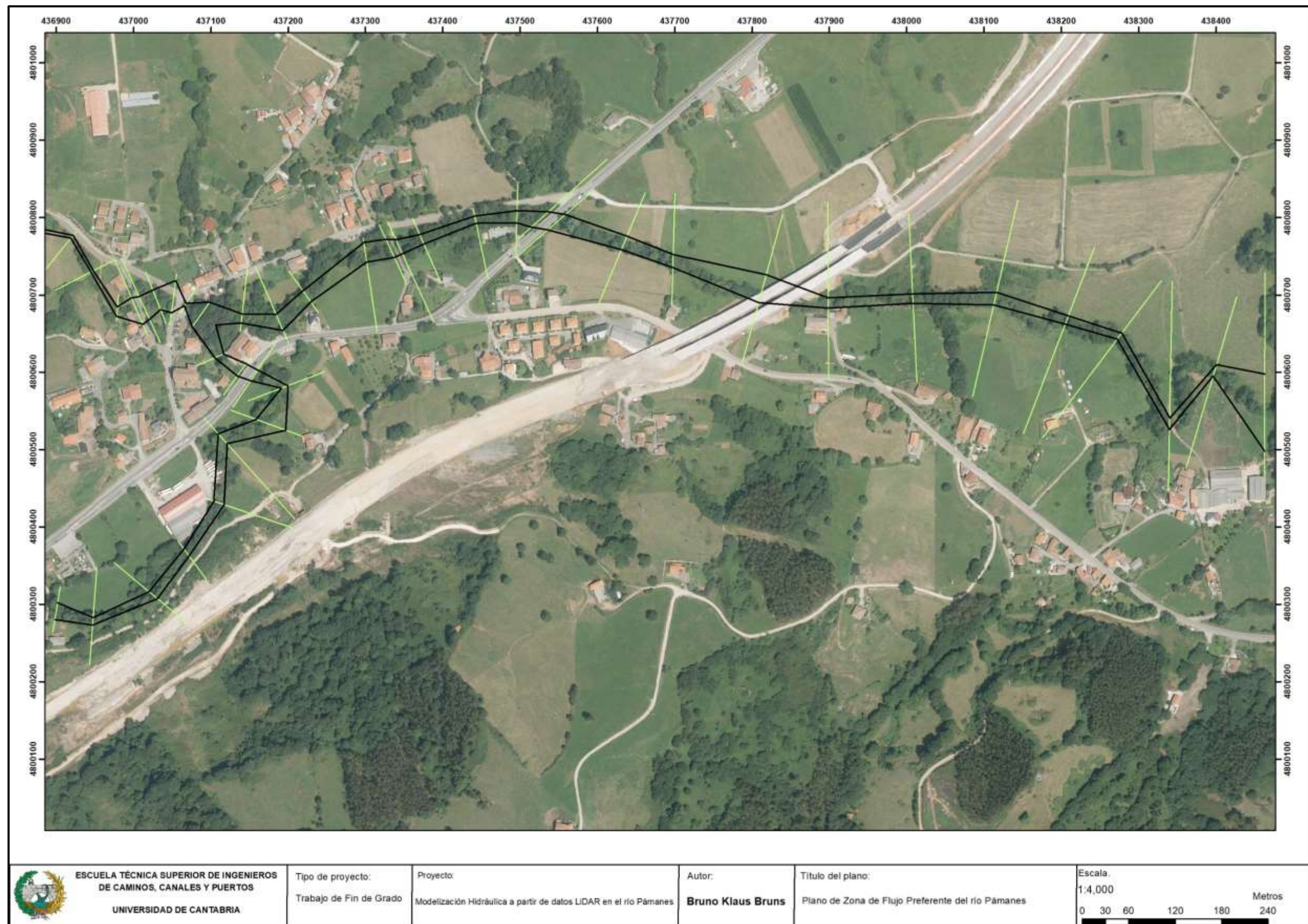
















ANEJO II. FOTOGRAFÍAS



*Escuela Técnica Superior de Ingenieros de
Caminos, Canales y Puertos.
Universidad de Cantabria*

*Modelización hidráulica a partir de datos LiDAR
en el río Pámanes*



Índice fotográfico

Fotografía 1. Puente 1.....	5
Fotografía 2. Puente 1.....	5
Fotografía 3. Puente 2.....	6
Fotografía 4. Puente 2.....	6
Fotografía 5. Puente 3.....	7
Fotografía 6. Puente 3.....	7
Fotografía 7. Puente 4.....	8
Fotografía 8. Puente 4.....	8
Fotografía 9. Puente 5.....	9
Fotografía 10. Puente 9.....	9
Fotografía 11. Puente 9.....	10
Fotografía 12. Puente 10.....	10
Fotografía 13. Puente 10.....	11
Fotografía 14. Puente 10.....	11
Fotografía 15. Puente 10.....	12
Fotografía 16. Puente 11.....	12
Fotografía 17. Puente 11.....	13
Fotografía 18. Puente 12.....	13



*Escuela Técnica Superior de Ingenieros de
Caminos, Canales y Puertos.
Universidad de Cantabria*

*Modelización hidráulica a partir de datos LiDAR
en el río Pámanes*



Fotografía 1. Puente 1



Fotografía 2. Puente 1



Fotografía 3. Puente 2



Fotografía 4. Puente 2



Fotografía 5. Puente 3



Fotografía 6. Puente 3



Fotografía 7. Puente 4



Fotografía 8. Puente 4



Fotografía 9. Puente 5



Fotografía 10. Puente 9



Fotografía 11. Puente 9



Fotografía 12. Puente 10



Fotografía 13. Puente 10



Fotografía 14. Puente 10



Fotografía 15. Puente 10



Fotografía 16. Puente 11



Fotografía 17. Puente 11



Fotografía 18. Puente 12



*Escuela Técnica Superior de Ingenieros de
Caminos, Canales y Puertos.
Universidad de Cantabria*

*Modelización hidráulica a partir de datos LiDAR
en el río Pámanes*



ANEJO III. OBTENCIÓN DE LOS VALORES DE RUGOSIDAD



*Escuela Técnica Superior de Ingenieros de
Caminos, Canales y Puertos.
Universidad de Cantabria*

*Modelización hidráulica a partir de datos LiDAR
en el río Pámanes*



La obtención de los valores de rugosidad de Manning es algo imprescindible. La modelización hidráulica no se podría realizar sin este dato.

El coeficiente de rugosidad de Manning representa el grado de resistencia que ofrece el terreno por el que discurre el flujo. Cuanto mayor sea, más resistencia ofrece el terreno al flujo y más le cuesta a este avanzar.

Dicho coeficiente está asociado a cada tipo de superficie por la que discurre el flujo, existiendo numerosas tablas y estudios al respecto.

En este trabajo, se ha preferido por la utilización de los valores de rugosidad de Manning asociados a cada tipo de suelo, que aparecen en el Anejo V de la “Guía metodológica para el desarrollo del sistema nacional de cartografía de zonas inundables”.

Para la adjudicación de cada coeficiente con el tipo de suelo indicado en la zona de trabajo, se ha partido de la Cubierta Terrestre de la BTA05. Donde cada “ID_TIPO”, corresponde con un uso de suelo distinto, como se muestra en la siguiente tabla:

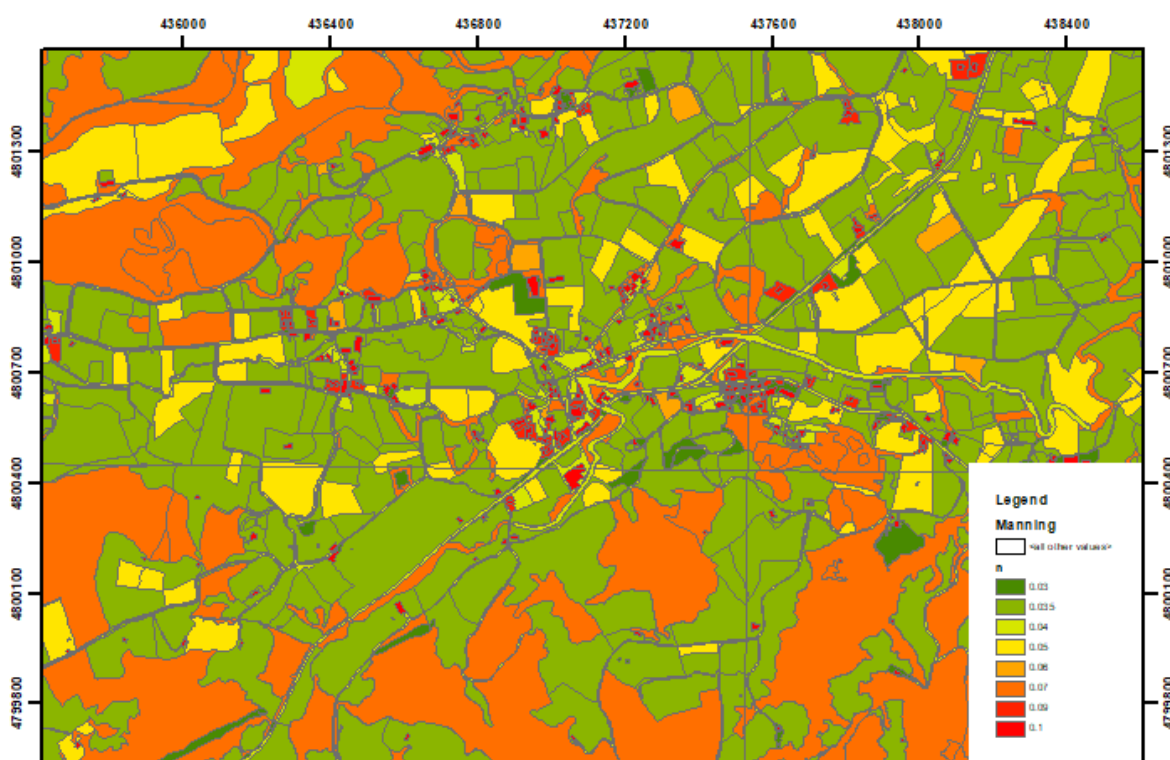
ID_TIPO	CLASIFICACIÓN DEL USO DE SUELO en la BTA05	n (Manning)
0122	ARBOLADO FORESTAL	0,07
0124	CULTIVO HERBÁCEO	0,05
0125	CULTIVO LEÑOSO	0,06
0126	HUERTA	0,04
0128	PRADO	0,035
0129	PASTIZAL	0,035
0130	MATORRAL	0,07
0132	ROQUEDO	0,035
0133	SUELO DESNUDO	0,03
0139	CORTAFUEGOS	0,03
0140	ARBOLADO URBANO	0,09
0141	NÚCLEO URBANO	0,1



Una vez asignados dichos coeficientes, aún quedaban zonas sin asignar y zonas como la del cauce mal asignadas. Las zonas aún sin asignar, en este caso las Edificaciones y la Red Viaria, se les asignó valores de 0,1 y 0,04 correspondientemente.

En cuanto al Cauce, se usó la capa asociada al mismo, que se creó para su modelización 3D, a la cual se le estableció un valor de 0,04.

En la siguiente figura se puede observar el resultado, aunque en el Anejo I se puede ver el plano con más detalle.





*Escuela Técnica Superior de Ingenieros de
Caminos, Canales y Puertos.
Universidad de Cantabria*

*Modelización hidráulica a partir de datos LiDAR
en el río Pámanes*



ANEJO IV. OBTENCIÓN DE LA ZONA DE FLUJO PREFERENTE



*Escuela Técnica Superior de Ingenieros de
Camino, Canales y Puertos.
Universidad de Cantabria*

*Modelización hidráulica a partir de datos LiDAR
en el río Pámanes*



En este Anejo se va a intentar describir, de la manera más fiel posible, la obtención de la Zona de Flujo Preferente, ZFP a partir de ahora.

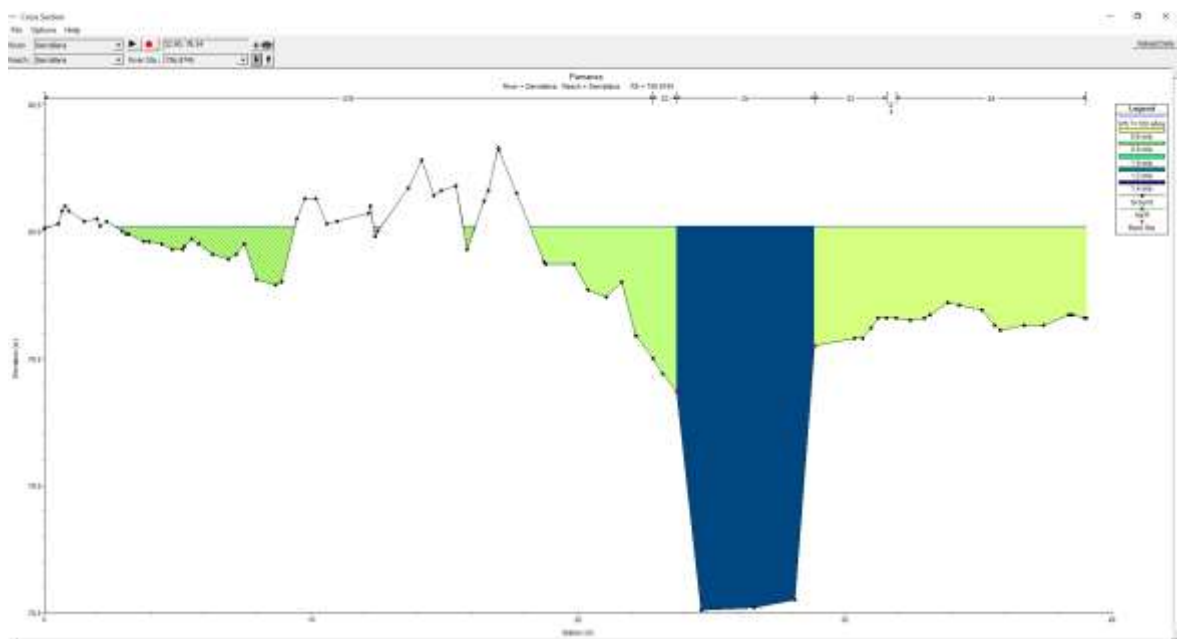
En primer lugar comentar que la ZFP se obtiene a partir de la envolvente de la Zona de Graves Daños y la Vía de Intenso Desagüe.

La **Zona de Graves Daños**, es aquella en la que se consideran que pueden producirse graves daños sobre las personas y los bienes cuando las condiciones hidráulicas durante la avenida satisfagan uno o más de los siguientes criterios:

- Que el calado sea superior a 1 m.
- Que la velocidad sea superior a 1 m/s.
- Que el producto de la velocidad y el calado sea superior a 0,5 m²/s.

Sabiendo que el cálculo iba a ser manual y perfil a perfil, había que averiguar antes de empezar, qué es lo que se tiene y qué es en lo que había que fijarse.

Lo que, en este caso HEC-RAS, da, son perfiles con una escala vertical de calado y el flujo dividido en secciones en función de su velocidad, se puede observar en la siguiente figura.





Como se puede apreciar, lo más fácil de obtener, a primera vista, es la velocidad, cada sección representa una única velocidad.

Por lo tanto, y partiendo de la velocidad como dato, se sabe que:

- Cuando la velocidad sea menor que 0,5 m/s, hay que fijarse en si el calado es o no mayor de 1 m, y donde sea mayor, acotar.
- Cuando la velocidad esté entre los valores de 0,5 y 1 m/s, hay que averiguar el calado con el cual el producto de ambas sea superior a 0,5 m²/s.

Y con estas premisas se ha ido acotando la zona del río en la que se producen graves daños.

La **Vía de Intenso Desagüe** es la zona por la que pasaría la avenida de 100 años de período de retorno sin producir una sobreelevación mayor de 0,30 m, respecto a la cota de la lámina de agua que se produciría en esa misma avenida considerando toda la llanura de inundación existente.

Es decir, restringir la llanura de inundación, como máximo hasta que la sobreelevación del cauce sea 0,3 m.

Para llevar a cabo esta situación, el programa HEC-RAS cuenta con un proceso automatizado, “encroachment”, en el que puede restringir la zona dando el requisito de que no se supere una sobreelevación de, en este caso, 0,3 m.

Pero este proceso no hace todo el trabajo, simplemente da una primera aproximación, que más tarde y de forma manual hay que perfeccionar, y con la que se consigue finalmente la Vía de Intenso Desagüe.

En las siguientes tablas, que también se pueden observar en el Anejo V, se pueden observar los resultados obtenidos para ambas zonas, y para cada uno de



los distintos tramos, medidos siempre desde la margen izquierda del cauce, de aguas arriba a aguas abajo.

Pámanes 1					
Perfil	VID			ZGD	
656.8341	21.23	43.45		27.46	39.96
607.8556	63.72	73.47		63.72	73.47
517.0869	59.54	72.26		58.2	72.26
447.0509	14.37	23.41		12.39	23.38
370.2555	10.39	24.52		10.66	24.52
273.5228	30.73	43.08		25.95	43.08
218.4863	38.43	52.45		34.37	75.25
160.3911	46.2	55.38		47	55.2
117.2557	44.52	57.61		41.04	57.49
100 BR					
99.41447	36.67	49.34		30.4	49.26
63.91956	26.06	38.41		26.26	36.84
1.046529	9.09	37.3		8.13	36.84



Pámanes 2				
Perfil	VID		ZGD	
1644.826	1.81	30.01	1.9	35.8
1594.887	59.38	70.89	59.38	70.18
1546.582	67.57	90.4	68.15	87.04
1497.952	31.09	48.8	31.09	48.74
1386.855	10.18	27.97	6	31.5
1351.176	32.55	46.46	20.8	46.46
1350 BR				
1339.68	34.86	45.42	24.85	45.34
1309	24.24	36.57	23	36.57
1235.07	9.73	19	9.73	19
1181.474	36.22	49.75	34.3	49.72
1149.54	101.71	131.93	106.66	126.84
1131 BR				
1130.215	41.98	72.2	48.92	69.23
1037.845	67.75	79.63	60.58	79.33
970.4534	78.4	95.21	78.4	94
847.0281	100.32	117.68	80.43	116.21
757.8506	123.92	136.97	123.92	136.97
647.6146	107.41	116.53	104.07	116.51
540.7188	122.39	137.53	122.39	139.25
428.5928	94.48	106	94.48	106
356.1359	83.62	93.96	83.64	93.96
219.4454	180.67	191.02	176.33	191.02
86.2918	91.37	106.65	92.13	106.25
1.482666	130	230	173.9	184.24



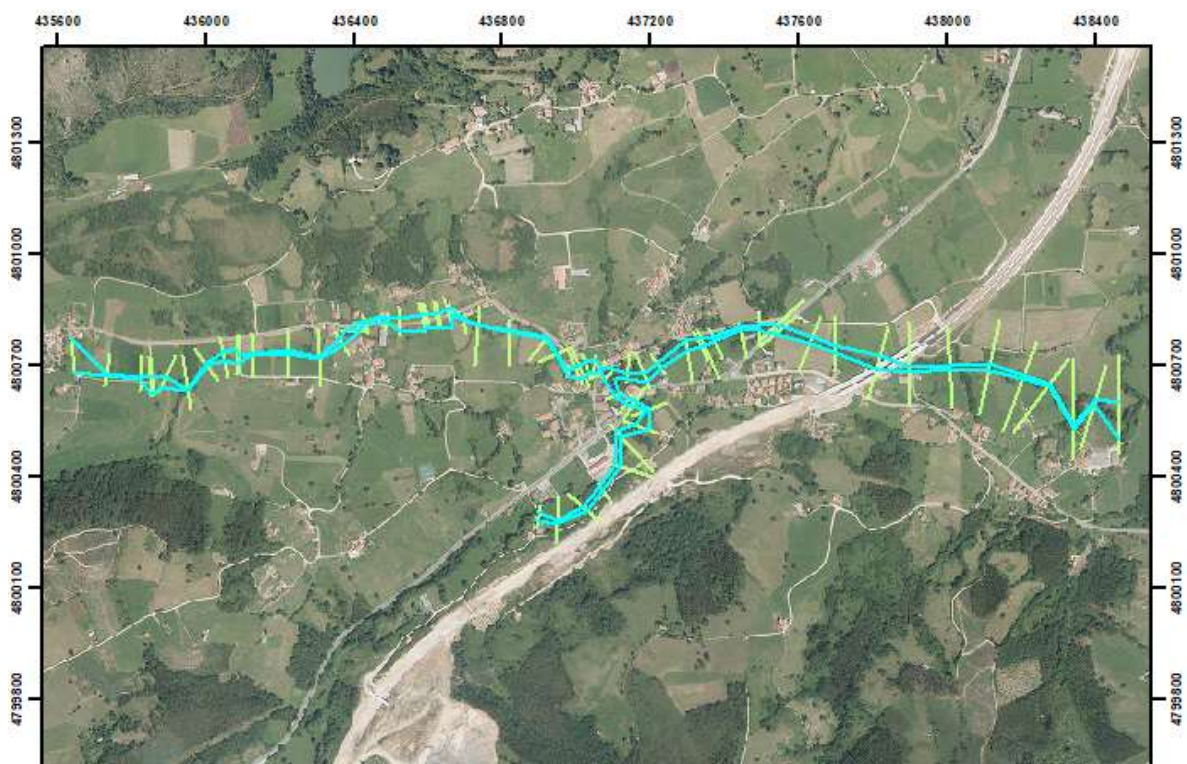
	Sierra Llana			
Perfil	VID		ZGD	
1777.63	0	90.91	37.51	42.53
1670.189	54.57	58.76	54.67	58.43
1575.191	57.75	62.72	57.75	62.72
1551.228	51.96	88.84	52.4	97.25
1550 BR				
1544.722	53.34	100	53.6	55.5
1507.18	67.52	85	67.6	99.14
1426.952	92.02	96.35	92.08	96.35
1322.506	55.27	57.97	54.53	59.93
1263.699	40	65	54.13	55.68
1229.83	40	80	31.4	58.72
1225 BR				
1222.374	55.41	58.53	55.42	59.98
1188.66	53.75	59.42	54.53	59.42
1073.313	57.5	68.56	58.21	65.72
973.343	77	83.62	80.43	83.62
880.3342	22.51	31.08	21.66	40.35
826.7361	15.14	46.92	40.05	45.05
817.9828	0.18	13	1.18	6.66
810 BR				
806.3665	9.2	22.01	6.8	15.65
787.2325	15.46	21.51	15.88	19.17
756.8745	23.02	34	23.68	28.85
750 BR				
748.1702	5	32	19.23	23.36
728.134	16.57	27.19	23.65	27.19
693.288	31	62	37.49	66.576
631.8001	30	69.06	35.47	71.91
622.0207	32.53	61.18	33.16	64.36
620 BR				
617.7637	30.17	58.82	30.17	64.88
592.8076	33.73	69.62	33.79	74.86
590 BR				



586.8809	32.58	68.47		32.58	74.8
559.7437	33.92	72.13		33.92	81.05
551.5488	9.81	17.81		5.75	16.88
540 BR					
539.6607	12	20		14.92	19.43
507.6691	3.4	5.94		3.73	7.25
460.855	49.66	53.22		49.74	53.22
351.8817	24.31	29.41		24.05	28.43
246.6903	6.25	10.43		6.25	10.43
194.5667	31.14	34.98		31.19	34.62
121.2047	16	28.15		28.81	28.14
91.8515	53.91	91		72.32	74.14
90 BR					
81.62895	54.52	87.06		72.08	75.59
62.81404	24.33	51.88		27.9	47.44
42.48616	16	50		8.2	36.9
30 BR					
25.38152	25.26	28.88		25.38	28.79
0.790919	0	39.11		2.7	30.8



Una vez obtenidos los resultados de ambas zonas, se puede calcular la Zona de Flujo Preferente, la cual se consigue extrayendo de los resultados anteriores las medidas más restrictivas, en este caso en las que establezcan una zona de mayores dimensiones. Dichas medidas vienen remarcadas en verde en cada una de las tablas. En la siguiente figura se puede observar la Zona de Flujo Preferente sobre una ortofoto, aunque en el Anejo I se puede apreciar con mayor detalle.





*Escuela Técnica Superior de Ingenieros de
Caminos, Canales y Puertos.
Universidad de Cantabria*

*Modelización hidráulica a partir de datos LiDAR
en el río Pámanes*



ANEJO V. RESULTADOS HIDRÁULICOS



*Escuela Técnica Superior de Ingenieros de
Caminos, Canales y Puertos.
Universidad de Cantabria*

*Modelización hidráulica a partir de datos LiDAR
en el río Pámanes*



Índice de resultados hidráulicos

1. Correspondencia entre el nº de perfil y River Station
2. Perfiles longitudinales de los distintos tramos
 - 2.1. Pámanes 1
 - 2.2. Pámanes 2
 - 2.3. Sierra Llana
3. Tablas de resultados
4. Perfiles transversales
5. Zona de Flujo Preferente
 - 5.1. Zona de Graves Daños y Vía de Intenso Desagüe. Pámanes 1
 - 5.2. ZGD y VID. Pámanes 2
 - 5.3. ZGD y VID. Sierra Llana

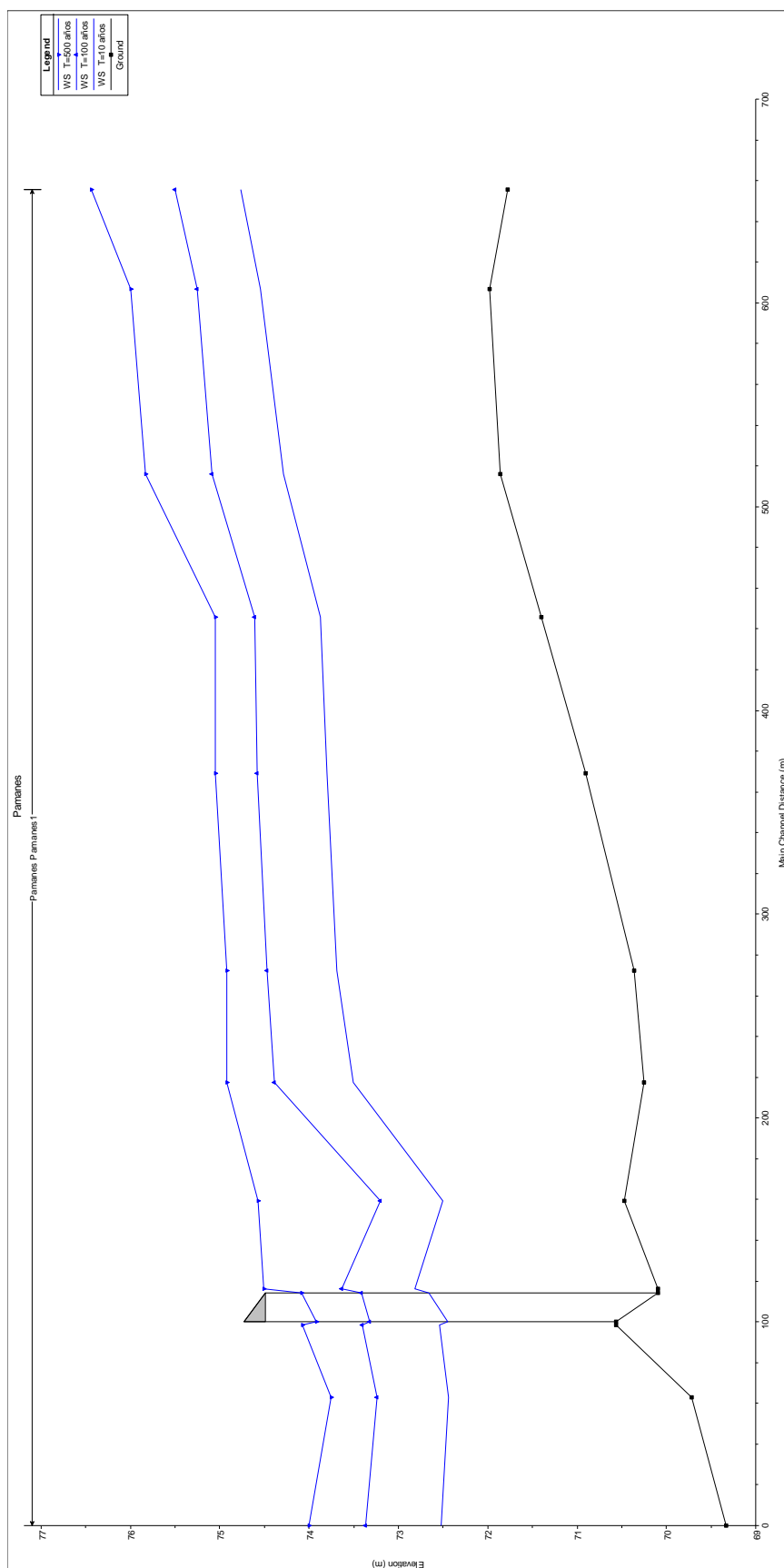


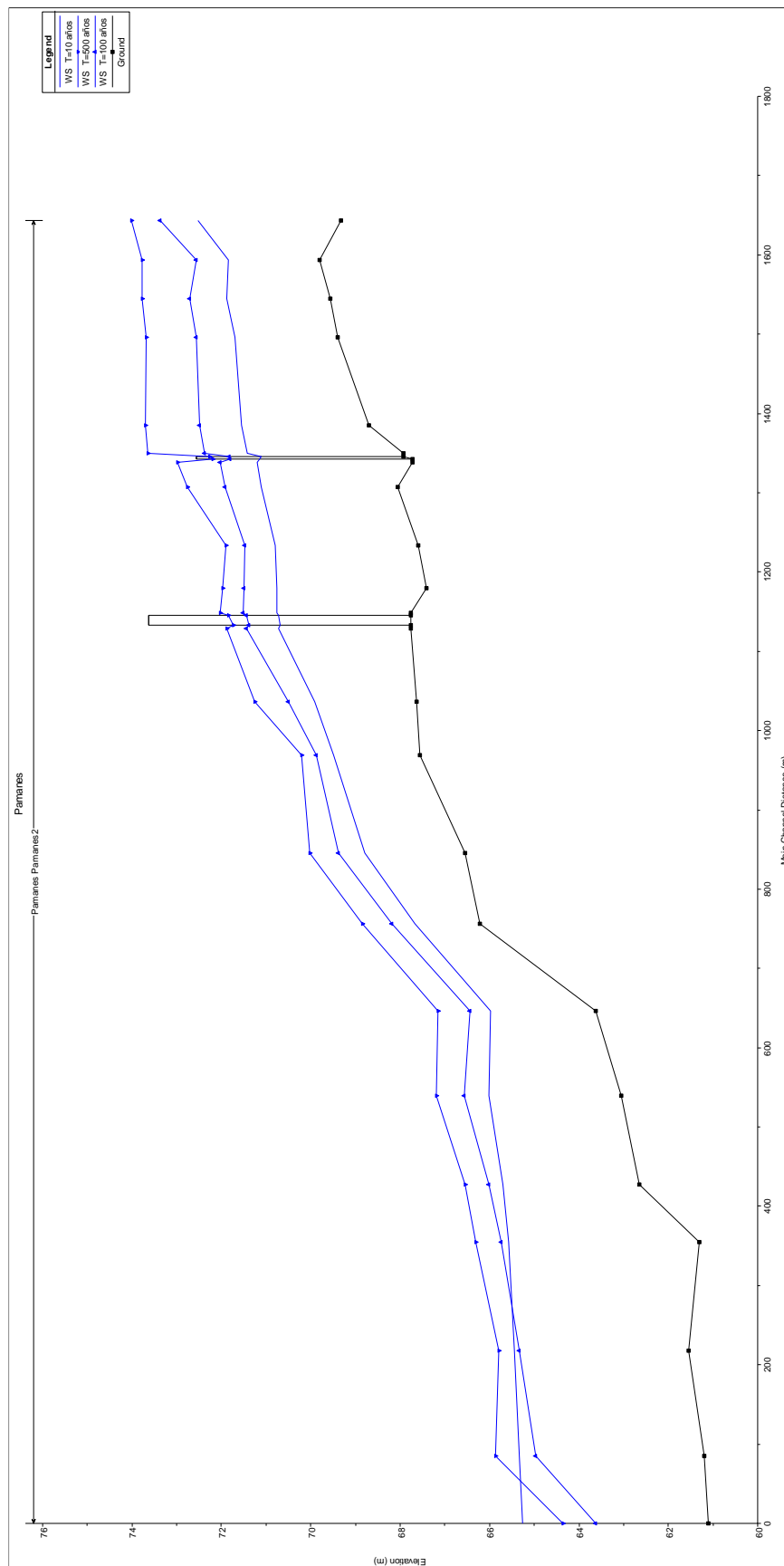
*Escuela Técnica Superior de Ingenieros de
Caminos, Canales y Puertos.
Universidad de Cantabria*

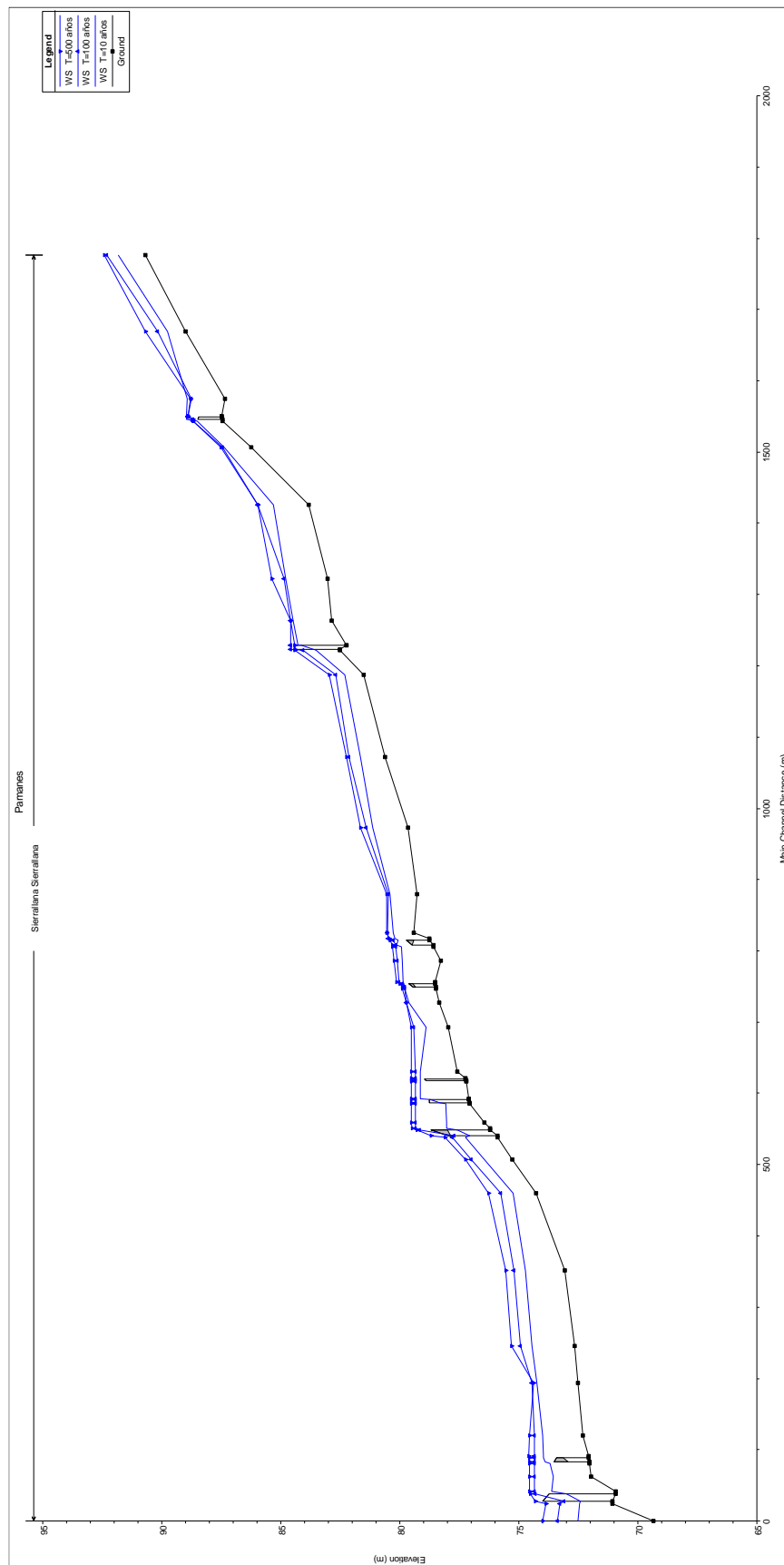
*Modelización hidráulica a partir de datos LiDAR
en el río Pámanes*



River	Reach	River Sta	Nº de Perfil	River	Reach	River Sta	Nº de Perfil
Sierra Llana	Sierra Llana	1777.63	1	Sierra Llana	Sierra Llana	81.62895	37
Sierra Llana	Sierra Llana	1670.189	2	Sierra Llana	Sierra Llana	62.81404	38
Sierra Llana	Sierra Llana	1575.191	3	Sierra Llana	Sierra Llana	42.48616	39
Sierra Llana	Sierra Llana	1551.228	4	Sierra Llana	Sierra Llana	25.38152	40
Sierra Llana	Sierra Llana	1544.722	5	Sierra Llana	Sierra Llana	0.790919	41
Sierra Llana	Sierra Llana	1507.18	6	Pámanes	Pamanes1	656.8341	44
Sierra Llana	Sierra Llana	1426.952	7	Pámanes	Pamanes1	607.8556	45
Sierra Llana	Sierra Llana	1322.506	8	Pámanes	Pamanes1	517.0869	46
Sierra Llana	Sierra Llana	1263.699	9	Pámanes	Pamanes1	447.0509	47
Sierra Llana	Sierra Llana	1229.83	10	Pámanes	Pamanes1	370.2555	48
Sierra Llana	Sierra Llana	1222.374	11	Pámanes	Pamanes1	273.5228	49
Sierra Llana	Sierra Llana	1188.66	12	Pámanes	Pamanes1	218.4863	50
Sierra Llana	Sierra Llana	1073.313	13	Pámanes	Pamanes1	160.3911	51
Sierra Llana	Sierra Llana	973.343	14	Pámanes	Pamanes1	117.2557	52
Sierra Llana	Sierra Llana	880.3342	15	Pámanes	Pamanes1	99.41447	53
Sierra Llana	Sierra Llana	826.7361	16	Pámanes	Pamanes1	63.91956	54
Sierra Llana	Sierra Llana	817.9828	17	Pámanes	Pamanes1	1.046529	55
Sierra Llana	Sierra Llana	806.3665	42	Pámanes	Pamanes2	1644.826	56
Sierra Llana	Sierra Llana	787.2325	18	Pámanes	Pamanes2	1594.887	57
Sierra Llana	Sierra Llana	756.8745	19	Pámanes	Pamanes2	1546.582	58
Sierra Llana	Sierra Llana	748.1702	20	Pámanes	Pamanes2	1497.952	59
Sierra Llana	Sierra Llana	728.134	21	Pámanes	Pamanes2	1386.855	60
Sierra Llana	Sierra Llana	693.288	22	Pámanes	Pamanes2	1351.176	61
Sierra Llana	Sierra Llana	631.8001	23	Pámanes	Pamanes2	1339.68	62
Sierra Llana	Sierra Llana	622.0207	24	Pámanes	Pamanes2	1309	63
Sierra Llana	Sierra Llana	617.7637	25	Pámanes	Pamanes2	1235.07	64
Sierra Llana	Sierra Llana	592.8076	26	Pámanes	Pamanes2	1181.474	65
Sierra Llana	Sierra Llana	586.8809	27	Pámanes	Pamanes2	1149.54	66
Sierra Llana	Sierra Llana	559.7437	28	Pámanes	Pamanes2	1130.215	67
Sierra Llana	Sierra Llana	551.5488	43	Pámanes	Pamanes2	1037.845	68
Sierra Llana	Sierra Llana	539.6607	29	Pámanes	Pamanes2	970.4534	69
Sierra Llana	Sierra Llana	507.6691	30	Pámanes	Pamanes2	847.0281	70
Sierra Llana	Sierra Llana	460.855	31	Pámanes	Pamanes2	757.8506	71
Sierra Llana	Sierra Llana	351.8817	32	Pámanes	Pamanes2	647.6146	72
Sierra Llana	Sierra Llana	246.6903	33	Pámanes	Pamanes2	540.7188	73
Sierra Llana	Sierra Llana	194.5667	34	Pámanes	Pamanes2	428.5928	74
Sierra Llana	Sierra Llana	121.2047	35	Pámanes	Pamanes2	356.1359	75
Sierra Llana	Sierra Llana	91.8515	36	Pámanes	Pamanes2	219.4454	76
Sierra Llana	Sierra Llana	81.62895	37	Pámanes	Pamanes2	86.2918	77
Sierra Llana	Sierra Llana	62.81404	38	Pámanes	Pamanes2	1.482666	78









River	Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
				(m ³ /s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m ²)	(m)	
Sierra Llana	Sierra Llana	1777.63	T=10 años	6.51	90.7	91.81	91.73	92.11	0.013775	2.41	2.71	3.51	0.87
Sierra Llana	Sierra Llana	1777.63	T=100 años	12.69	90.7	92.3	92.19	92.67	0.013455	2.71	4.68	35.48	0.9
Sierra Llana	Sierra Llana	1777.63	T=500 años	18.72	90.7	92.42	92.42	92.51	0.009943	1.33	14.07	39.15	0.71
Sierra Llana	Sierra Llana	1670.189	T=10 años	6.51	88.99	89.77	89.77	90.13	0.025636	2.65	2.46	3.49	1.01
Sierra Llana	Sierra Llana	1670.189	T=100 años	12.69	88.99	90.18	90.18	90.71	0.025674	3.23	3.94	3.95	1.01
Sierra Llana	Sierra Llana	1670.189	T=500 años	18.72	88.99	90.69	90.69	90.82	0.006324	1.93	15.15	51.19	0.5
Sierra Llana	Sierra Llana	1575.191	T=10 años	6.51	87.33	88.94	88.1	88.99	0.001543	1	6.82	26.28	0.28
Sierra Llana	Sierra Llana	1575.191	T=100 años	12.69	87.33	88.75	88.48	89.02	0.01004	2.29	5.55	20.26	0.69
Sierra Llana	Sierra Llana	1575.191	T=500 años	18.72	87.33	88.78	88.78	89.33	0.019994	3.29	5.72	21.48	0.98
Sierra Llana	Sierra Llana	1551.228	T=10 años	6.51	87.49	88.97	88.59	88.97	0.000069	0.2	39.19	54.01	0.06
Sierra Llana	Sierra Llana	1551.228	T=100 años	12.69	87.49	88.91	88.91	88.92	0.000333	0.42	36.14	53.74	0.13
Sierra Llana	Sierra Llana	1551.228	T=500 años	18.72	87.49	88.91	88.91	88.93	0.000719	0.61	36.25	53.75	0.19
Sierra Llana	Sierra Llana	1550		Bridge									
Sierra Llana	Sierra Llana	1544.722	T=10 años	6.51	87.44	88.5	88.5	88.93	0.027408	2.89	2.27	47.65	0.98
Sierra Llana	Sierra Llana	1544.722	T=100 años	12.69	87.44	88.7	88.7	88.7	0.000176	0.26	41.34	52.69	0.08
Sierra Llana	Sierra Llana	1544.722	T=500 años	18.72	87.44	88.7	88.7	88.71	0.000383	0.39	41.34	52.69	0.12



Sierra Llana	Sierra Llana	1507.18	T=10 años	6.51	86.24	87.37	87.37	87.78	0.02661	2.82	2.31	51.15	1
Sierra Llana	Sierra Llana	1507.18	T=100 años	12.69	86.24	87.47	87.47	87.56	0.010179	1.81	10.89	63.7	0.62
Sierra Llana	Sierra Llana	1507.18	T=500 años	18.72	86.24	87.52	87.52	87.64	0.012003	2.03	13.4	68.51	0.68
Sierra Llana	Sierra Llana	1426.952	T=10 años	6.51	83.83	85.33		85.42	0.003576	1.32	4.93	3.99	0.38
Sierra Llana	Sierra Llana	1426.952	T=100 años	12.69	83.83	85.95		86.09	0.003799	1.66	7.99	6.17	0.4
Sierra Llana	Sierra Llana	1426.952	T=500 años	18.72	83.83	85.95		86.25	0.008276	2.45	7.99	6.17	0.59
Sierra Llana	Sierra Llana	1322.506	T=10 años	6.51	83.02	84.8		84.93	0.006028	1.67	4.12	5.01	0.45
Sierra Llana	Sierra Llana	1322.506	T=100 años	12.69	83.02	84.87	84.87	85.31	0.01817	3.01	4.53	5.41	0.8
Sierra Llana	Sierra Llana	1322.506	T=500 años	18.72	83.02	85.37	85.37	85.5	0.005615	2.03	15.84	52.35	0.46
Sierra Llana	Sierra Llana	1263.699	T=10 años	6.51	82.85	84.47	84.47	84.53	0.007474	1.48	7.73	70.06	0.41
Sierra Llana	Sierra Llana	1263.699	T=100 años	12.69	82.85	84.6	84.56	84.62	0.0039	1.14	20.02	102.98	0.3
Sierra Llana	Sierra Llana	1263.699	T=500 años	18.72	82.85	84.59	84.59	84.65	0.009076	1.73	19.57	102.59	0.46
Sierra Llana	Sierra Llana	1229.83	T=10 años	6.51	82.25	84.28	83.19	84.28	0.000203	0.37	26.86	64.52	0.09
Sierra Llana	Sierra Llana	1229.83	T=100 años	12.69	82.25	84.6	83.64	84.6	0.000129	0.33	53.24	95.68	0.08
Sierra Llana	Sierra Llana	1229.83	T=500 años	18.72	82.25	84.42	84.17	84.44	0.000719	0.74	37.21	81.36	0.18
Sierra Llana	Sierra Llana	1225		Bridge									
Sierra Llana	Sierra Llana	1222.374	T=10 años	6.51	82.52	83.51	83.51	83.92	0.027766	2.84	2.29	3.32	1
Sierra Llana	Sierra Llana	1222.374	T=100 años	12.69	82.52	84.05	84.05	84.55	0.021387	3.15	4.17	54.77	0.89
Sierra Llana	Sierra Llana	1222.374	T=500 años	18.72	82.52	84.4	84.4	84.42	0.000971	0.79	32.99	87.81	0.2



Sierra Llana	Sierra Llana	1188.66	T=10 años	6.51	81.51	82.32	82.32	82.63	0.022154	2.47	2.64	4.3	1.01
Sierra Llana	Sierra Llana	1188.66	T=100 años	12.69	81.51	82.69	82.69	83.12	0.019641	2.93	4.37	5.32	0.99
Sierra Llana	Sierra Llana	1188.66	T=500 años	18.72	81.51	82.97	82.97	83.49	0.017619	3.2	6.02	6.19	0.97
Sierra Llana	Sierra Llana	1073.313	T=10 años	6.51	80.62	81.67	81.2	81.73	0.002646	1.07	6.06	7.92	0.38
Sierra Llana	Sierra Llana	1073.313	T=100 años	12.69	80.62	82.13	81.49	82.22	0.002631	1.3	9.76	15.34	0.39
Sierra Llana	Sierra Llana	1073.313	T=500 años	18.72	80.62	82.24	81.72	82.4	0.004457	1.75	10.67	15.73	0.51
Sierra Llana	Sierra Llana	973.343	T=10 años	6.51	79.65	81.15		81.3	0.00735	1.74	3.75	3.12	0.5
Sierra Llana	Sierra Llana	973.343	T=100 años	12.69	79.65	81.4	81.13	81.7	0.012821	2.54	6.07	17.63	0.68
Sierra Llana	Sierra Llana	973.343	T=500 años	18.72	79.65	81.66	81.66	81.84	0.007652	2.19	11.73	35.59	0.54
Sierra Llana	Sierra Llana	880.3342	T=10 años	6.51	79.27	80.42	80.42	80.51	0.010631	1.7	5.56	38.67	0.6
Sierra Llana	Sierra Llana	880.3342	T=100 años	12.69	79.27	80.49	80.49	80.6	0.012208	1.94	9.98	40.35	0.65
Sierra Llana	Sierra Llana	880.3342	T=500 años	18.72	79.27	80.56	80.56	80.69	0.013547	2.13	12.61	41.45	0.69
Sierra Llana	Sierra Llana	826.7361	T=10 años	6.51	79.43	80.27		80.28	0.000343	0.37	24.02	66.44	0.13
Sierra Llana	Sierra Llana	826.7361	T=100 años	12.69	79.43	80.53		80.53	0.000237	0.37	41.54	69.15	0.12
Sierra Llana	Sierra Llana	826.7361	T=500 años	18.72	79.43	80.57		80.58	0.000426	0.51	44.1	69.15	0.16
Sierra Llana	Sierra Llana	817.9828	T=10 años	6.51	78.76	80.21	79.68	80.26	0.002354	1.12	7.37	24.41	0.31
Sierra Llana	Sierra Llana	817.9828	T=100 años	12.69	78.76	80.49	80.14	80.52	0.001703	1.08	16.25	28.25	0.28
Sierra Llana	Sierra Llana	817.9828	T=500 años	18.72	78.76	80.46	80.31	80.55	0.004155	1.67	15.61	28.25	0.43



Sierra Llana	Sierra Llana	810		Bridge									
Sierra Llana	Sierra Llana	806.3665	T=10 años	6.51	78.59	79.93	79.63	80.12	0.009391	1.94	3.37	22.89	0.62
Sierra Llana	Sierra Llana	806.3665	T=100 años	12.69	78.59	80.19	80	80.22	0.001284	0.83	15.51	25.69	0.24
Sierra Llana	Sierra Llana	806.3665	T=500 años	18.72	78.59	80.32	80	80.37	0.001639	1	18.46	27.12	0.28
Sierra Llana	Sierra Llana	787.2325	T=10 años	6.51	78.28	79.88	79.38	79.98	0.004595	1.44	5.45	18.4	0.43
Sierra Llana	Sierra Llana	787.2325	T=100 años	12.69	78.28	80.09	79.99	80.18	0.004882	1.61	11.32	31.73	0.45
Sierra Llana	Sierra Llana	787.2325	T=500 años	18.72	78.28	80.26	80.13	80.33	0.003828	1.51	16.59	45.7	0.4
Sierra Llana	Sierra Llana	756.8745	T=10 años	6.51	78.51	79.87	79.19	79.9	0.001156	0.86	9.29	20.43	0.25
Sierra Llana	Sierra Llana	756.8745	T=100 años	12.69	78.51	80.02	79.56	80.09	0.002193	1.29	12.44	28.61	0.36
Sierra Llana	Sierra Llana	756.8745	T=500 años	18.72	78.51	80.15	79.9	80.24	0.002845	1.56	15.11	36.03	0.41
Sierra Llana	Sierra Llana	750		Bridge									
Sierra Llana	Sierra Llana	748.1702	T=10 años	6.51	78.48	79.8		79.82	0.001663	0.91	10.58	32.3	0.3
Sierra Llana	Sierra Llana	748.1702	T=100 años	12.69	78.48	79.78	79.77	79.9	0.007122	1.85	10.1	32.3	0.61
Sierra Llana	Sierra Llana	748.1702	T=500 años	18.72	78.48	79.88		80.01	0.007175	1.99	13.41	32.3	0.62
Sierra Llana	Sierra Llana	728.134	T=10 años	6.51	78.34	79.62	79.25	79.75	0.006861	1.67	4.41	33.46	0.52
Sierra Llana	Sierra Llana	728.134	T=100 años	12.69	78.34	79.71	79.71	79.77	0.004504	1.41	12.67	35.47	0.42
Sierra Llana	Sierra Llana	728.134	T=500 años	18.72	78.34	79.71	79.71	79.85	0.009797	2.08	12.67	35.47	0.62
Sierra Llana	Sierra Llana	693.288	T=10 años	6.51	77.95	78.91	78.91	79.31	0.026833	2.78	2.34	22.06	1



Sierra Llana	Sierra Llana	693.288	T=100 años	12.69	77.95	79.4	79.4	79.42	0.001093	0.69	20.84	57.34	0.2
Sierra Llana	Sierra Llana	693.288	T=500 años	18.72	77.95	79.52	79.4	79.55	0.001208	0.78	27.85	60.84	0.22
Sierra Llana	Sierra Llana	631.8001	T=10 años	6.51	77.59	79.15	79.04	79.15	0.000059	0.15	34	43.22	0.04
Sierra Llana	Sierra Llana	631.8001	T=100 años	12.69	77.59	79.36	79.04	79.36	0.000108	0.22	46.31	67.83	0.06
Sierra Llana	Sierra Llana	631.8001	T=500 años	18.72	77.59	79.51	79.04	79.52	0.00014	0.27	57.25	71.99	0.07
Sierra Llana	Sierra Llana	622.0207	T=10 años	6.51	77.23	79.15	78.43	79.15	0.000121	0.25	24.62	38.81	0.07
Sierra Llana	Sierra Llana	622.0207	T=100 años	12.69	77.23	79.35	78.91	79.36	0.000213	0.35	35.59	60.25	0.09
Sierra Llana	Sierra Llana	622.0207	T=500 años	18.72	77.23	79.51	79.09	79.52	0.000263	0.42	45.14	63.12	0.1
Sierra Llana	Sierra Llana	620		Bridge									
Sierra Llana	Sierra Llana	617.7637	T=10 años	6.51	77.21	79.15	78.16	79.15	0.000068	0.21	30.79	48.99	0.06
Sierra Llana	Sierra Llana	617.7637	T=100 años	12.69	77.21	79.35	78.59	79.36	0.000129	0.32	42.53	62.85	0.08
Sierra Llana	Sierra Llana	617.7637	T=500 años	18.72	77.21	79.51	78.92	79.51	0.000168	0.39	52.47	64.88	0.09
Sierra Llana	Sierra Llana	592.8076	T=10 años	6.51	77.09	79.15	78.1	79.15	0.000031	0.14	43.83	65.61	0.04
Sierra Llana	Sierra Llana	592.8076	T=100 años	12.69	77.09	79.35	78.59	79.35	0.000061	0.22	57.86	73.28	0.05
Sierra Llana	Sierra Llana	592.8076	T=500 años	18.72	77.09	79.51	79.11	79.51	0.000083	0.27	69.33	74.86	0.06
Sierra Llana	Sierra Llana	590		Bridge									
Sierra Llana	Sierra Llana	586.8809	T=10 años	6.51	77.06	78.07	78.07	78.48	0.027989	2.85	2.28	25.65	1
Sierra Llana	Sierra Llana	586.8809	T=100 años	12.69	77.06	79.35	78.56	79.35	0.000055	0.2	61.5	74.16	0.05



Sierra Llana	Sierra Llana	586.8809	T=500 años	18.72	77.06	79.51	79.07	79.51	0.000075	0.25	73.06	74.8	0.06
Sierra Llana	Sierra Llana	559.7437	T=10 años	6.51	76.45	78.05	77.23	78.12	0.002415	1.14	5.71	34.19	0.32
Sierra Llana	Sierra Llana	559.7437	T=100 años	12.69	76.45	79.35	77.64	79.35	0.000024	0.17	73.69	57.64	0.03
Sierra Llana	Sierra Llana	559.7437	T=500 años	18.72	76.45	79.51	77.96	79.51	0.000038	0.22	83.88	72.94	0.04
Sierra Llana	Sierra Llana	551.5488	T=10 años	6.51	76.22	78.04	77.1	78.09	0.002089	1.07	6.46	6.2	0.29
Sierra Llana	Sierra Llana	551.5488	T=100 años	12.69	76.22	79.33	77.54	79.35	0.000408	0.73	27.48	20.83	0.15
Sierra Llana	Sierra Llana	551.5488	T=500 años	18.72	76.22	79.47	77.91	79.5	0.000686	0.98	30.38	20.83	0.19
Sierra Llana	Sierra Llana	540		Bridge									
Sierra Llana	Sierra Llana	539.6607	T=10 años	6.51	75.89	77.25		77.48	0.012301	2.13	3.07	3.01	0.64
Sierra Llana	Sierra Llana	539.6607	T=100 años	12.69	75.89	77.81	77.48	78.13	0.011875	2.58	5.39	7.31	0.64
Sierra Llana	Sierra Llana	539.6607	T=500 años	18.72	75.89	78.11	78.11	78.32	0.007973	2.36	11.68	28.03	0.54
Sierra Llana	Sierra Llana	507.6691	T=10 años	6.51	75.28	76.45	76.45	76.89	0.026877	2.97	2.26	2.67	0.94
Sierra Llana	Sierra Llana	507.6691	T=100 años	12.69	75.28	77	77	77.56	0.024328	3.43	3.95	29.69	0.89
Sierra Llana	Sierra Llana	507.6691	T=500 años	18.72	75.28	77.25	77.25	77.31	0.00358	1.4	18.96	41.27	0.34
Sierra Llana	Sierra Llana	460.855	T=10 años	6.51	74.28	75.26	75.22	75.61	0.022944	2.63	2.48	3.09	0.94
Sierra Llana	Sierra Llana	460.855	T=100 años	12.69	74.28	75.76	75.71	76.23	0.020248	3.05	4.26	4.96	0.89
Sierra Llana	Sierra Llana	460.855	T=500 años	18.72	74.28	76.26	76.26	76.43	0.006565	2.16	12.88	34.39	0.53
Sierra Llana	Sierra Llana	351.8817	T=10 años	6.51	73.06	74.72		74.8	0.003116	1.29	5.1	4.79	0.38



Sierra Llana	Sierra Llana	351.8817	T=100 años	12.69	73.06	75.22		75.35	0.003588	1.65	8.23	7.76	0.42
Sierra Llana	Sierra Llana	351.8817	T=500 años	18.72	73.06	75.54		75.7	0.003877	1.87	11	9.39	0.44
Sierra Llana	Sierra Llana	246.6903	T=10 años	6.51	72.67	74.44		74.51	0.002466	1.19	5.92	7.27	0.33
Sierra Llana	Sierra Llana	246.6903	T=100 años	12.69	72.67	74.92		75.01	0.002741	1.48	10.99	15.23	0.36
Sierra Llana	Sierra Llana	246.6903	T=500 años	18.72	72.67	75.32	74.54	75.4	0.001982	1.44	18.46	21.91	0.31
Sierra Llana	Sierra Llana	194.5667	T=10 años	6.51	72.53	74.23		74.34	0.004435	1.43	4.55	3.28	0.39
Sierra Llana	Sierra Llana	194.5667	T=100 años	12.69	72.53	74.44		74.74	0.011564	2.42	5.24	3.43	0.62
Sierra Llana	Sierra Llana	194.5667	T=500 años	18.72	72.53	74.39	74.35	75.08	0.027372	3.69	5.08	3.39	0.96
Sierra Llana	Sierra Llana	121.2047	T=10 años	6.51	72.32	73.99		74.06	0.003173	1.21	6.76	19.01	0.34
Sierra Llana	Sierra Llana	121.2047	T=100 años	12.69	72.32	74.34		74.39	0.001971	1.08	15.09	26.87	0.26
Sierra Llana	Sierra Llana	121.2047	T=500 años	18.72	72.32	74.56		74.61	0.001576	1.02	21.26	28.14	0.24
Sierra Llana	Sierra Llana	91.8515	T=10 años	6.51	72.06	73.98	73.34	73.99	0.00121	0.63	12.48	39.61	0.16
Sierra Llana	Sierra Llana	91.8515	T=100 años	12.69	72.06	74.35	73.82	74.36	0.000467	0.45	29.21	51.87	0.1
Sierra Llana	Sierra Llana	91.8515	T=500 años	18.72	72.06	74.57	73.95	74.58	0.000375	0.43	42.25	62.74	0.09
Sierra Llana	Sierra Llana	90		Bridge									
Sierra Llana	Sierra Llana	81.62895	T=10 años	6.51	72.03	73.7		73.8	0.003961	1.38	4.89	8.66	0.38
Sierra Llana	Sierra Llana	81.62895	T=100 años	12.69	72.03	74.34		74.35	0.000382	0.56	32.79	57.06	0.13
Sierra Llana	Sierra Llana	81.62895	T=500 años	18.72	72.03	74.57		74.57	0.000318	0.55	46.32	64.05	0.12



Sierra Llana	Sierra Llana	62.81404	T=10 años	6.51	71.97	73.55	73.1	73.69	0.007597	1.77	4.47	13.05	0.49
Sierra Llana	Sierra Llana	62.81404	T=100 años	12.69	71.97	74.33	73.78	74.34	0.000326	0.5	32.8	51.3	0.11
Sierra Llana	Sierra Llana	62.81404	T=500 años	18.72	71.97	74.56	73.88	74.57	0.00032	0.53	45.13	62.41	0.11
Sierra Llana	Sierra Llana	42.48616	T=10 años	6.51	70.94	73.62	71.99	73.63	0.000348	0.57	11.79	25.07	0.14
Sierra Llana	Sierra Llana	42.48616	T=100 años	12.69	70.94	74.33	72.38	74.34	0.000143	0.46	38.29	43.37	0.09
Sierra Llana	Sierra Llana	42.48616	T=500 años	18.72	70.94	74.55	72.68	74.56	0.000175	0.54	48.29	45.34	0.1
Sierra Llana	Sierra Llana	30		Bridge									
Sierra Llana	Sierra Llana	25.38152	T=10 años	6.51	71.08	72.44		72.55	0.005219	1.49	4.39	3.43	0.42
Sierra Llana	Sierra Llana	25.38152	T=100 años	12.69	71.08	73.26		73.42	0.005171	1.75	7.24	3.54	0.39
Sierra Llana	Sierra Llana	25.38152	T=500 años	18.72	71.08	73.87		74.06	0.005405	1.96	10.03	7.95	0.39
Sierra Llana	Sierra Llana	0.790919	T=10 años	6.51	69.33	72.52	69.87	72.52	0.000004	0.09	74.85	34.58	0.02
Sierra Llana	Sierra Llana	0.790919	T=100 años	12.69	69.33	73.37	70.04	73.37	0.000006	0.12	105.89	37.6	0.02
Sierra Llana	Sierra Llana	0.790919	T=500 años	18.72	69.33	74	70.16	74	0.000007	0.14	130.38	39.11	0.03
Pámanes	Pamanes1	656.8341	T=10 años	52.12	71.78	74.76		75.13	0.004613	2.67	19.54	9.24	0.59
Pámanes	Pamanes1	656.8341	T=100 años	83	71.78	75.5		75.96	0.005309	3.02	27.45	12.49	0.65
Pámanes	Pamanes1	656.8341	T=500 años	127.4	71.78	76.44		76.81	0.006291	2.68	47.54	36	0.74
Pámanes	Pamanes1	607.8556	T=10 años	52.12	71.98	74.54		74.88	0.00536	2.55	20.46	9.56	0.56
Pámanes	Pamanes1	607.8556	T=100 años	83	71.98	75.25		75.7	0.00524	3	28.97	15.74	0.57
Pámanes	Pamanes1	607.8556	T=500 años	127.4	71.98	76	75.16	76.52	0.004773	3.35	43.66	23.8	0.57
Pámanes	Pamanes1	517.0869	T=10 años	52.12	71.86	74.29		74.49	0.002865	1.97	26.91	14.78	0.44
Pámanes	Pamanes1	517.0869	T=100 años	83	71.86	75.08		75.33	0.002368	2.23	40.03	18.23	0.42



Pámanes	Pamanes1	517.0869	T=500 años	127.4	71.86	75.83		76.17	0.002435	2.63	54.8	21.46	0.44
Pámanes	Pamanes1	447.0509	T=10 años	52.12	71.4	73.87		74.21	0.005168	2.58	20.77	10.47	0.55
Pámanes	Pamanes1	447.0509	T=100 años	83	71.4	74.61		75.07	0.005361	3.04	29.12	12.15	0.57
Pámanes	Pamanes1	447.0509	T=500 años	127.4	71.4	75.05		75.84	0.007802	4	34.83	13.91	0.7
Pámanes	Pamanes1	370.2555	T=10 años	52.12	70.9	73.8		73.94	0.001705	1.63	31.97	13.57	0.34
Pámanes	Pamanes1	370.2555	T=100 años	83	70.9	74.58		74.77	0.001783	1.94	43.29	15.6	0.35
Pámanes	Pamanes1	370.2555	T=500 años	127.4	70.9	75.05		75.38	0.002641	2.55	54.5	39.22	0.44
Pámanes	Pamanes1	273.5228	T=10 años	52.12	70.36	73.69		73.8	0.00112	1.45	38.94	19.16	0.28
Pámanes	Pamanes1	273.5228	T=100 años	83	70.36	74.47		74.62	0.001173	1.75	57.59	32.26	0.29
Pámanes	Pamanes1	273.5228	T=500 años	127.4	70.36	74.92		75.15	0.001674	2.25	73.04	36.94	0.36
Pámanes	Pamanes1	218.4863	T=10 años	52.12	70.25	73.5	72.17	73.7	0.002375	1.99	28.36	14.78	0.39
Pámanes	Pamanes1	218.4863	T=100 años	83	70.25	74.39	72.78	74.54	0.001541	1.94	67.41	92.87	0.33
Pámanes	Pamanes1	218.4863	T=500 años	127.4	70.25	74.92	73.53	75.04	0.001152	1.83	114.09	96.14	0.29
Pámanes	Pamanes1	160.3911	T=10 años	52.12	70.47	72.5	72.49	73.34	0.019017	4.05	12.87	7.52	0.99
Pámanes	Pamanes1	160.3911	T=100 años	83	70.47	73.2	73.14	74.24	0.017896	4.51	18.42	8.27	0.96
Pámanes	Pamanes1	160.3911	T=500 años	127.4	70.47	74.57	74.57	74.89	0.004818	2.93	74.24	106.08	0.51
Pámanes	Pamanes1	117.2557	T=10 años	52.12	70.09	72.82	71.49	72.95	0.001716	1.64	33.46	16.84	0.33
Pámanes	Pamanes1	117.2557	T=100 años	83	70.09	73.64	71.96	73.81	0.001665	1.89	48.64	19.86	0.34
Pámanes	Pamanes1	117.2557	T=500 años	127.4	70.09	74.5	72.56	74.7	0.001503	2.1	87.78	61.29	0.33
Pámanes	Pamanes1	100		Bridge									
Pámanes	Pamanes1	99.41447	T=10 años	52.12	70.56	72.54		72.75	0.003769	2.08	28.73	19.64	0.48
Pámanes	Pamanes1	99.41447	T=100 años	83	70.56	73.41		73.63	0.002654	2.17	46.34	21.15	0.42
Pámanes	Pamanes1	99.41447	T=500 años	127.4	70.56	74.08		74.39	0.00305	2.62	61.17	29.22	0.45
Pámanes	Pamanes1	63.91956	T=10 años	52.12	69.72	72.44		72.63	0.002721	1.94	26.86	10.67	0.39
Pámanes	Pamanes1	63.91956	T=100 años	83	69.72	73.24		73.52	0.003128	2.33	35.55	11.14	0.42
Pámanes	Pamanes1	63.91956	T=500 años	127.4	69.72	73.76		74.24	0.004812	3.07	41.9	16.81	0.52



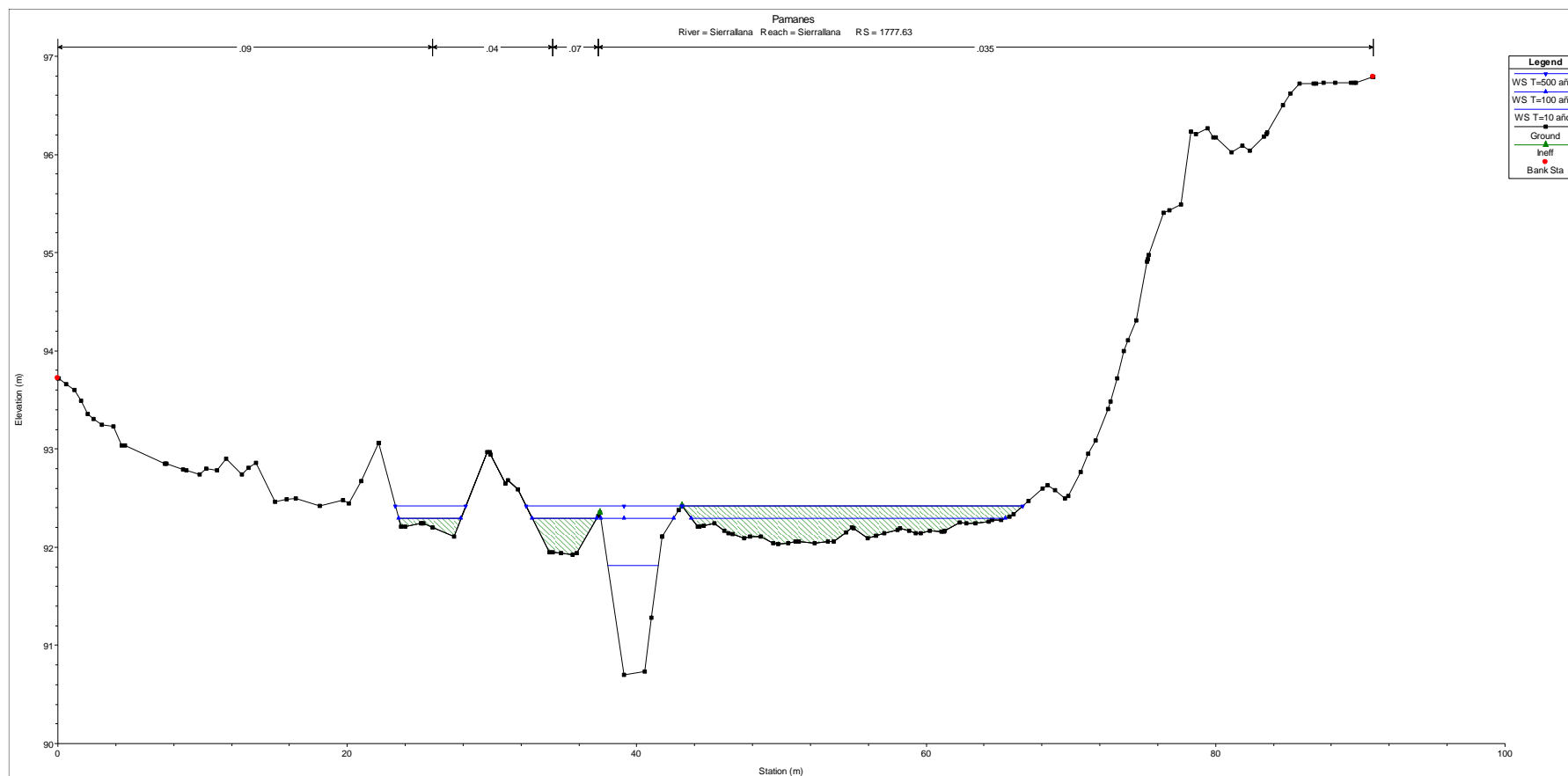
Pámanes	Pamanes1	1.046529	T=10 años	52.12	69.33	72.52	70.57	72.55	0.000265	0.73	74.87	34.58	0.15
Pámanes	Pamanes1	1.046529	T=100 años	83	69.33	73.37	70.87	73.41	0.000258	0.85	105.91	37.6	0.15
Pámanes	Pamanes1	1.046529	T=500 años	127.4	69.33	74	71.23	74.06	0.000337	1.09	130.4	39.11	0.17
Pámanes	Pamanes2	1644.826	T=10 años	56.83	69.33	72.52		72.55	0.000316	0.8	74.75	34.56	0.16
Pámanes	Pamanes2	1644.826	T=100 años	91.37	69.33	73.37		73.42	0.000312	0.94	106	37.62	0.16
Pámanes	Pamanes2	1644.826	T=500 años	142.62	69.33	74		74.08	0.000421	1.22	130.57	39.11	0.19
Pámanes	Pamanes2	1594.887	T=10 años	56.83	69.81	71.85		72.45	0.011957	3.41	16.66	9.84	0.84
Pámanes	Pamanes2	1594.887	T=100 años	91.37	69.81	72.56	72.24	73.3	0.01095	3.81	24.01	12.19	0.82
Pámanes	Pamanes2	1594.887	T=500 años	142.62	69.81	73.77		74.02	0.002972	2.55	83.05	82.58	0.45
Pámanes	Pamanes2	1546.582	T=10 años	56.83	69.57	71.88		72.07	0.002944	1.9	29.88	16.57	0.45
Pámanes	Pamanes2	1546.582	T=100 años	91.37	69.57	72.71		72.93	0.00245	2.05	44.53	19.25	0.43
Pámanes	Pamanes2	1546.582	T=500 años	142.62	69.57	73.77		73.9	0.001235	1.75	116.25	88.46	0.32
Pámanes	Pamanes2	1497.952	T=10 años	56.83	69.39	71.69	70.96	71.91	0.00368	2.06	27.55	15.74	0.5
Pámanes	Pamanes2	1497.952	T=100 años	91.37	69.39	72.55	71.42	72.8	0.002807	2.17	42.3	32.86	0.45
Pámanes	Pamanes2	1497.952	T=500 años	142.62	69.39	73.69	71.99	73.84	0.001235	1.87	109.15	65.2	0.32
Pámanes	Pamanes2	1386.855	T=10 años	56.83	68.69	71.55		71.65	0.001251	1.43	41.68	24.88	0.31
Pámanes	Pamanes2	1386.855	T=100 años	91.37	68.69	72.49		72.6	0.00086	1.51	70.44	38.85	0.27
Pámanes	Pamanes2	1386.855	T=500 años	142.62	68.69	73.69		73.74	0.000347	1.19	179.77	112.68	0.18
Pámanes	Pamanes2	1351.176	T=10 años	56.83	67.93	71.42	70.12	71.59	0.002291	1.82	33.53	19.02	0.39
Pámanes	Pamanes2	1351.176	T=100 años	91.37	67.93	72.38	70.75	72.55	0.001683	1.92	59.22	36.19	0.35
Pámanes	Pamanes2	1351.176	T=500 años	142.62	67.93	73.65	71.44	73.73	0.000593	1.43	154.14	84.73	0.22
Pámanes	Pamanes2	1350		Bridge									
Pámanes	Pamanes2	1339.68	T=10 años	56.83	67.73	71.19		71.44	0.003232	2.26	29.83	18.79	0.42
Pámanes	Pamanes2	1339.68	T=100 años	91.37	67.73	72.02		72.31	0.003302	2.56	48.75	32.22	0.42
Pámanes	Pamanes2	1339.68	T=500 años	142.62	67.73	72.98		73.13	0.001787	2.16	112.67	96.38	0.32

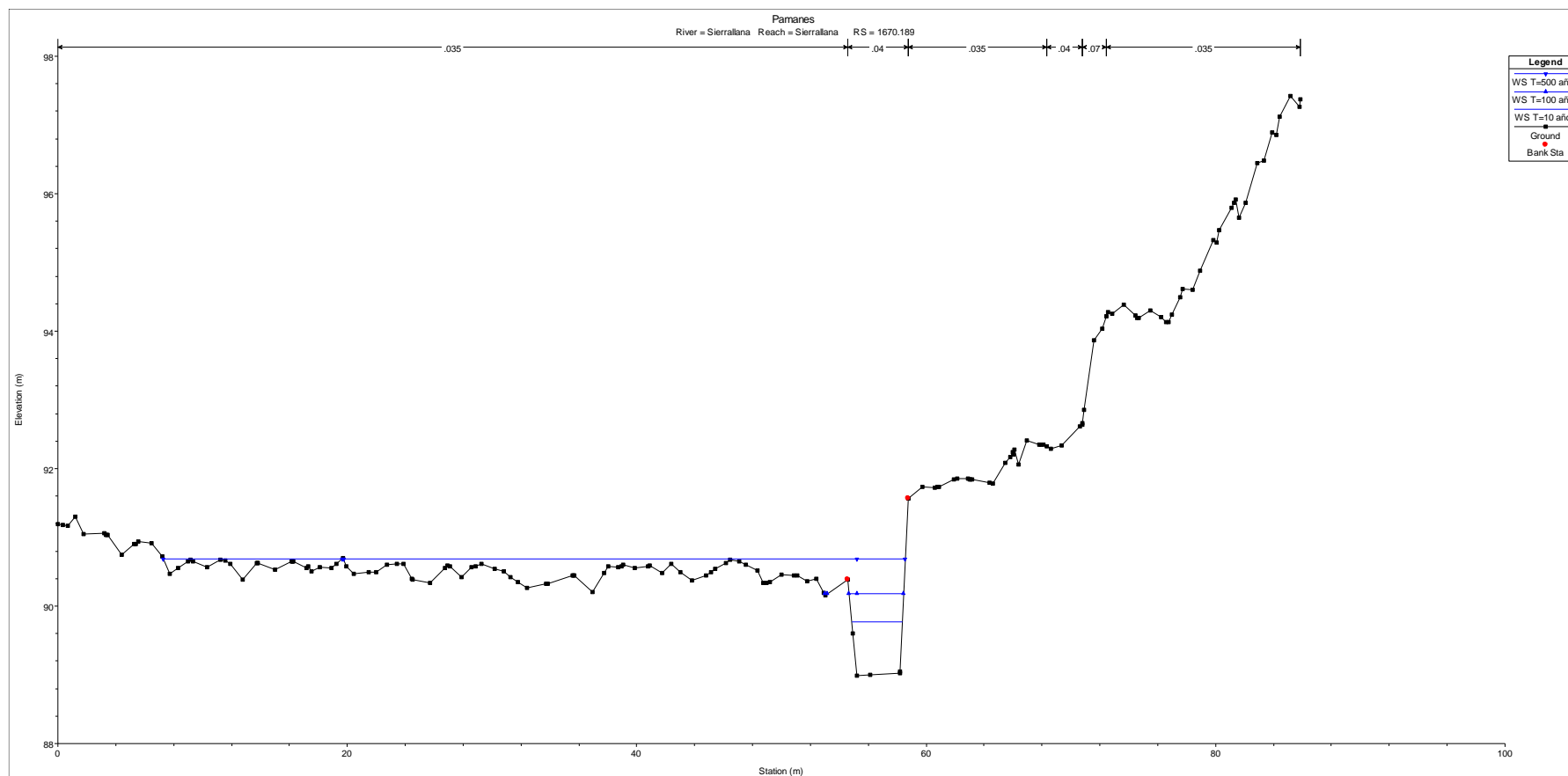


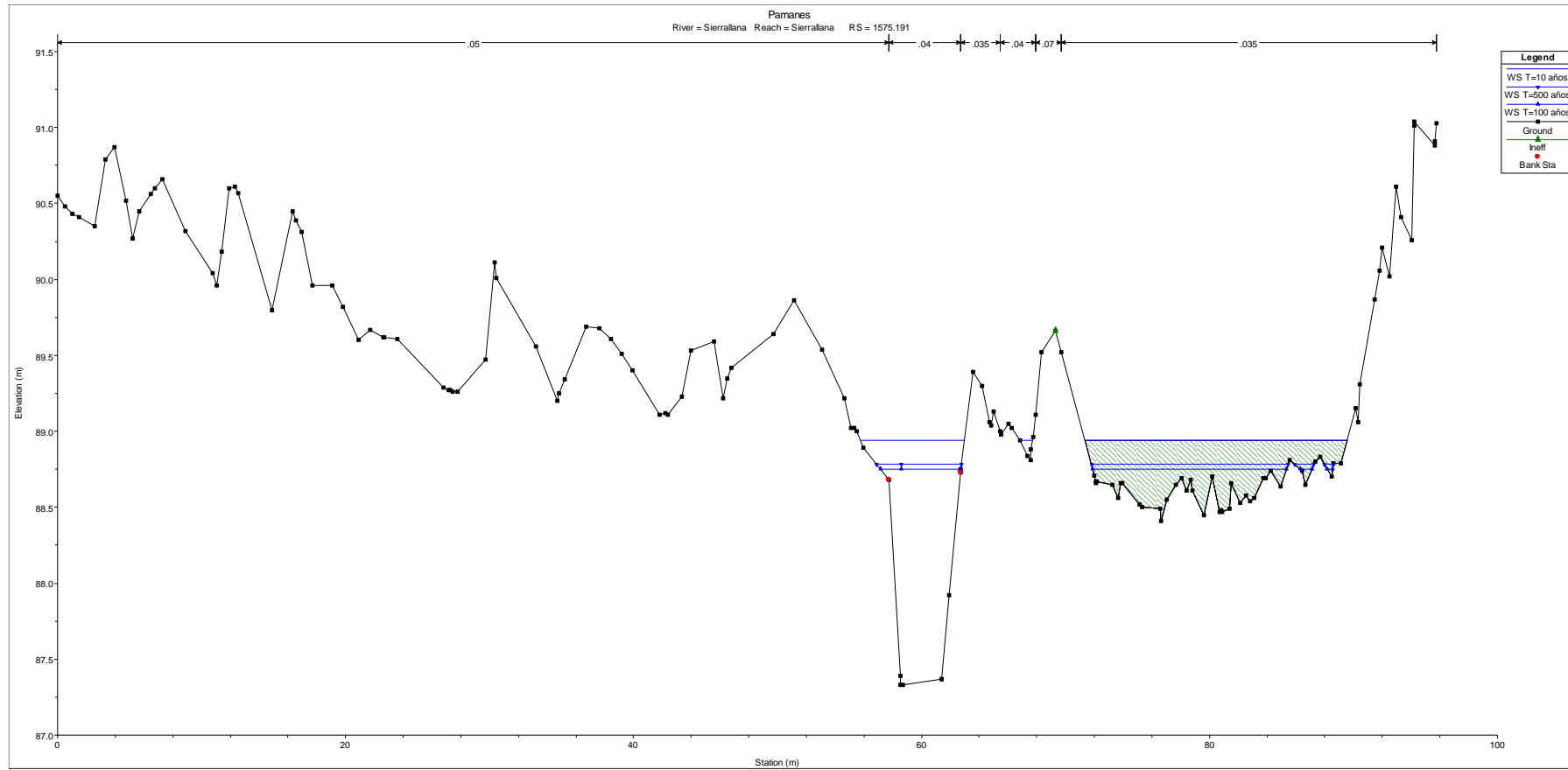
Pámanes	Pamanes2	1309	T=10 años	56.83	68.06	71.1		71.34	0.003113	2.15	26.97	14	0.46
Pámanes	Pamanes2	1309	T=100 años	91.37	68.06	71.91		72.21	0.002902	2.47	40.98	24.63	0.46
Pámanes	Pamanes2	1309	T=500 años	142.62	68.06	72.75		73.05	0.0023	2.6	77.26	70.19	0.43
Pámanes	Pamanes2	1235.07	T=10 años	56.83	67.59	70.79		71.07	0.004091	2.36	24.13	9.22	0.46
Pámanes	Pamanes2	1235.07	T=100 años	91.37	67.59	71.48		71.93	0.004777	2.97	31.93	13.45	0.52
Pámanes	Pamanes2	1235.07	T=500 años	142.62	67.59	71.9	71.1	72.72	0.007547	4.04	38.17	16.38	0.67
Pámanes	Pamanes2	1181.474	T=10 años	56.83	67.41	70.75		70.9	0.001618	1.71	34.27	15.14	0.34
Pámanes	Pamanes2	1181.474	T=100 años	91.37	67.41	71.49		71.71	0.001864	2.09	46.18	17.09	0.38
Pámanes	Pamanes2	1181.474	T=500 años	142.62	67.41	71.97		72.36	0.002798	2.81	54.98	19.96	0.47
Pámanes	Pamanes2	1149.54	T=10 años	56.83	67.76	70.75	69.18	70.84	0.001095	1.32	43.14	19.16	0.28
Pámanes	Pamanes2	1149.54	T=100 años	91.37	67.76	71.51	69.64	71.63	0.001211	1.56	58.54	21.44	0.3
Pámanes	Pamanes2	1149.54	T=500 años	142.62	67.76	72.02	70.2	72.23	0.00175	2.04	69.98	23.23	0.37
Pámanes	Pamanes2	1131		Bridge									
Pámanes	Pamanes2	1130.215	T=10 años	56.83	67.76	70.71		70.79	0.000902	1.24	45.78	19.44	0.26
Pámanes	Pamanes2	1130.215	T=100 años	91.37	67.76	71.44		71.56	0.001049	1.51	60.65	21.28	0.28
Pámanes	Pamanes2	1130.215	T=500 años	142.62	67.76	71.87		72.09	0.001709	2.04	70.05	22.41	0.37
Pámanes	Pamanes2	1037.845	T=10 años	56.83	67.63	69.91	69.78	70.53	0.012907	3.49	16.26	10.43	0.89
Pámanes	Pamanes2	1037.845	T=100 años	91.37	67.63	70.5	70.5	71.26	0.012005	3.91	24.55	18.76	0.89
Pámanes	Pamanes2	1037.845	T=500 años	142.62	67.63	71.26	71.25	71.78	0.006476	3.52	52.17	50.94	0.69
Pámanes	Pamanes2	970.4534	T=10 años	56.83	67.56	69.49		69.83	0.00675	2.58	22.05	14.52	0.67
Pámanes	Pamanes2	970.4534	T=100 años	91.37	67.56	69.87		70.42	0.008991	3.29	27.78	16.05	0.79
Pámanes	Pamanes2	970.4534	T=500 años	142.62	67.56	70.21	70.2	71.14	0.012752	4.29	33.94	22.71	0.96
Pámanes	Pamanes2	847.0281	T=10 años	56.83	66.55	68.8		69.09	0.005167	2.47	25.97	27.56	0.58
Pámanes	Pamanes2	847.0281	T=100 años	91.37	66.55	69.37		69.63	0.003914	2.46	44.09	35.78	0.52
Pámanes	Pamanes2	847.0281	T=500 años	142.62	66.55	70.02		70.25	0.00303	2.45	71.41	49.69	0.47
Pámanes	Pamanes2	757.8506	T=10 años	56.83	66.21	67.67	67.67	68.3	0.016482	3.52	16.17	13.04	1

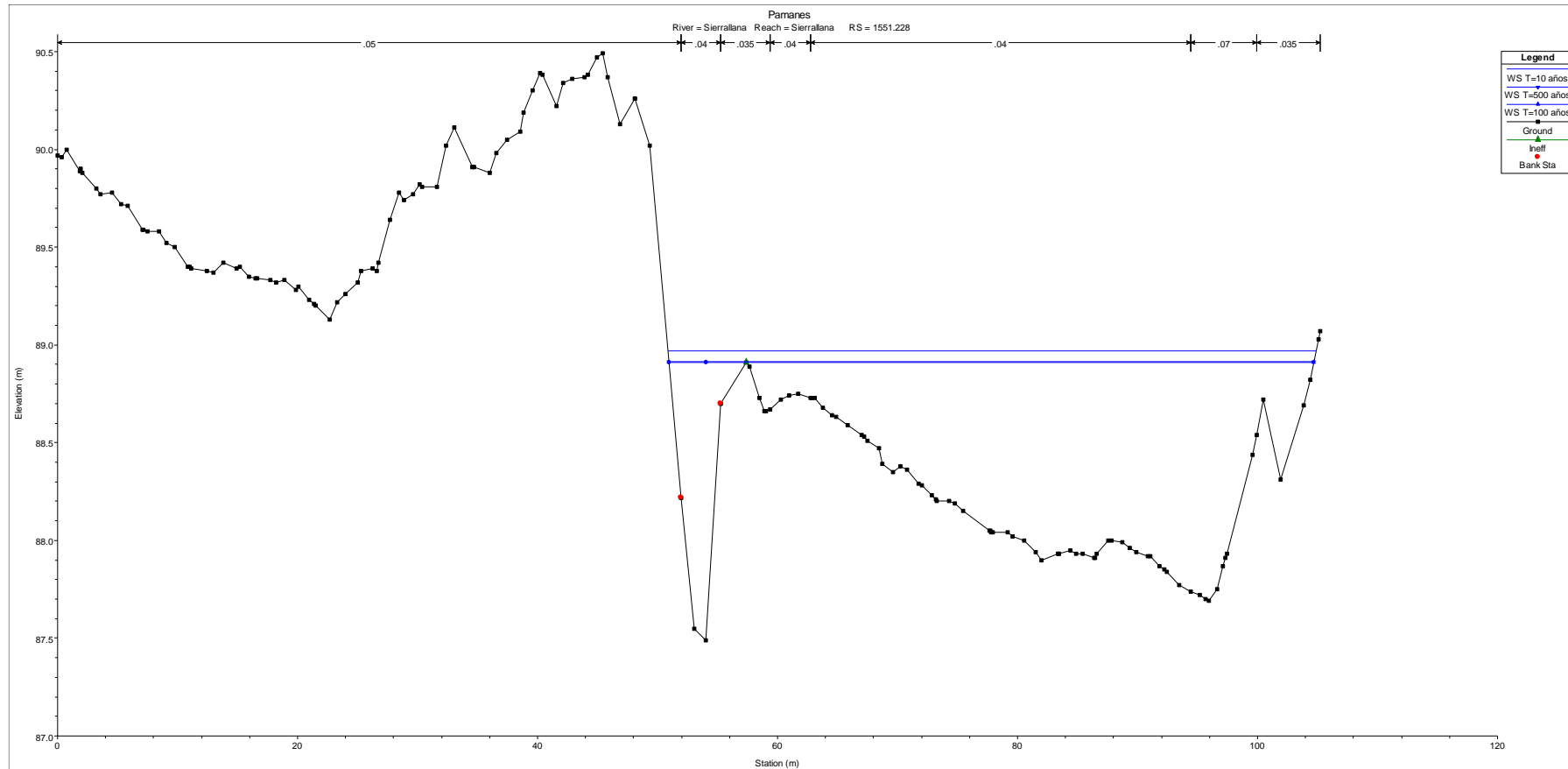


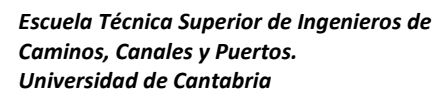
Pámanes	Pamanes2	757.8506	T=100 años	91.37	66.21	68.18	68.18	68.99	0.013869	3.99	23.65	17.64	0.97
Pámanes	Pamanes2	757.8506	T=500 años	142.62	66.21	68.85	68.85	69.74	0.010387	4.29	38.29	25.83	0.88
Pámanes	Pamanes2	647.6146	T=10 años	56.83	63.63	65.97		66.5	0.009098	3.24	17.94	10.68	0.74
Pámanes	Pamanes2	647.6146	T=100 años	91.37	63.63	66.43	66.29	67.29	0.011819	4.13	23.32	12.44	0.86
Pámanes	Pamanes2	647.6146	T=500 años	142.62	63.63	67.16	67.16	68.21	0.01074	4.69	34.68	23.2	0.85
Pámanes	Pamanes2	540.7188	T=10 años	56.83	63.05	66.01		66.11	0.001116	1.43	40.82	17.92	0.28
Pámanes	Pamanes2	540.7188	T=100 años	91.37	63.05	66.57		66.74	0.001491	1.85	57.35	50.3	0.33
Pámanes	Pamanes2	540.7188	T=500 años	142.62	63.05	67.19		67.37	0.00147	2.07	95.83	69.59	0.34
Pámanes	Pamanes2	428.5928	T=10 años	56.83	62.64	65.7		65.91	0.002814	2.04	27.95	16.08	0.42
Pámanes	Pamanes2	428.5928	T=100 años	91.37	62.64	66.02		66.44	0.004704	2.87	33.61	19.44	0.55
Pámanes	Pamanes2	428.5928	T=500 años	142.62	62.64	66.55	65.88	67.07	0.005091	3.36	54.98	57.15	0.59
Pámanes	Pamanes2	356.1359	T=10 años	56.83	61.3	65.57		65.74	0.001786	1.8	33.33	16.11	0.33
Pámanes	Pamanes2	356.1359	T=100 años	91.37	61.3	65.75		66.12	0.003873	2.72	36.24	18.55	0.49
Pámanes	Pamanes2	356.1359	T=500 años	142.62	61.3	66.31	65.25	66.71	0.003938	3.06	67.11	93.11	0.5
Pámanes	Pamanes2	219.4454	T=10 años	56.83	61.54	65.44		65.54	0.000995	1.48	45.53	33.45	0.26
Pámanes	Pamanes2	219.4454	T=100 años	91.37	61.54	65.33		65.64	0.002966	2.51	42.21	30.43	0.44
Pámanes	Pamanes2	219.4454	T=500 años	142.62	61.54	65.8	64.99	66.2	0.003688	3.05	74.89	161.86	0.5
Pámanes	Pamanes2	86.2918	T=10 años	56.83	61.2	65.34	62.96	65.42	0.000775	1.25	49.31	128.76	0.23
Pámanes	Pamanes2	86.2918	T=100 años	91.37	61.2	64.97	63.54	65.24	0.002902	2.31	39.5	70.06	0.44
Pámanes	Pamanes2	86.2918	T=500 años	142.62	61.2	65.86	64.24	65.92	0.000785	1.37	187.71	183.82	0.24
Pámanes	Pamanes2	1.482666	T=10 años	56.83	61.1	65.26	63	65.32	0.001543	1.1	51.87	224.13	0.37
Pámanes	Pamanes2	1.482666	T=100 años	91.37	61.1	63.62	63.62	64.62	0.025858	4.42	20.66	31.23	1
Pámanes	Pamanes2	1.482666	T=500 años	142.62	61.1	64.36	64.36	65.61	0.025112	4.95	28.82	64.08	1



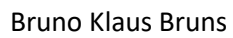


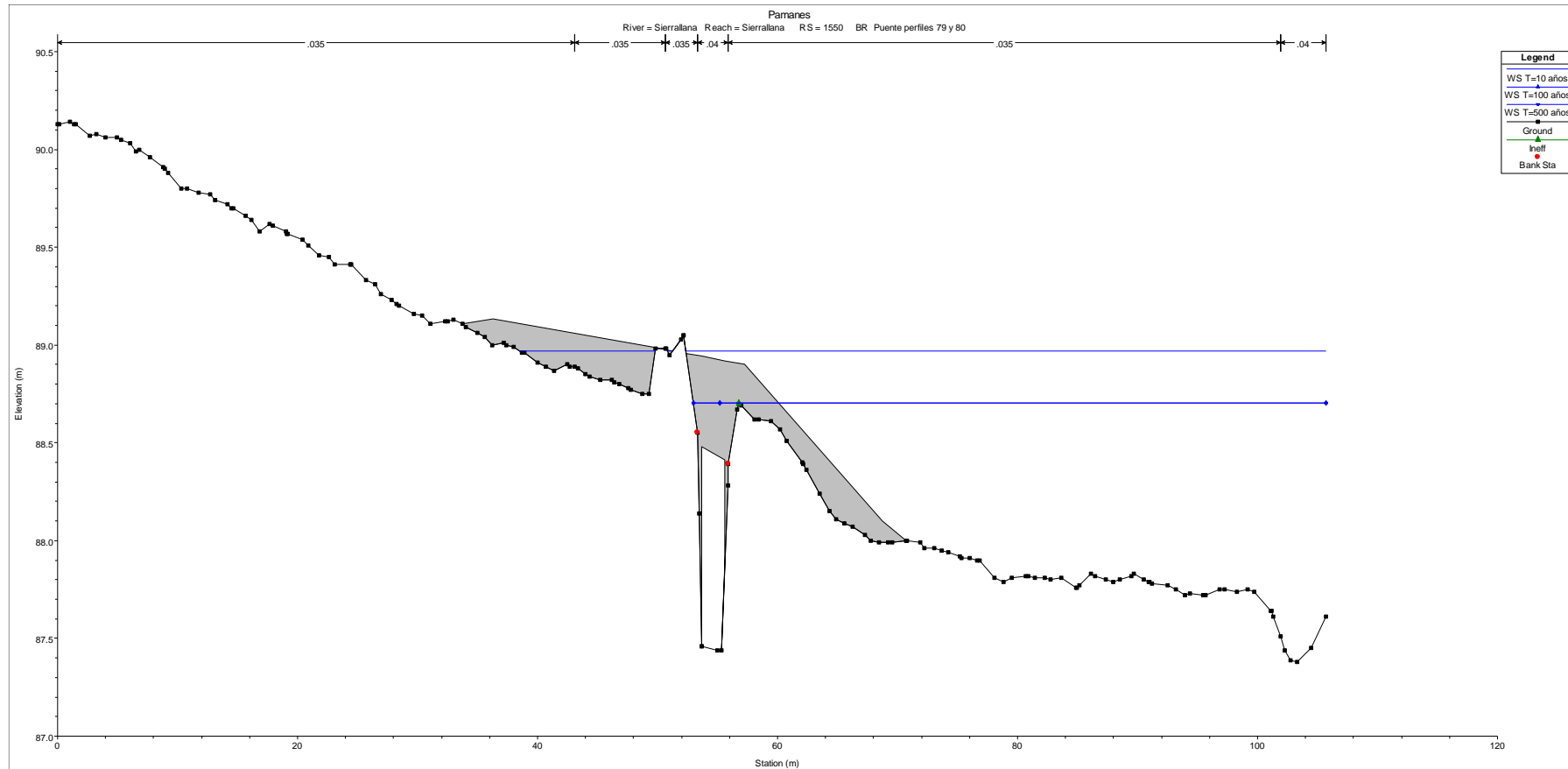


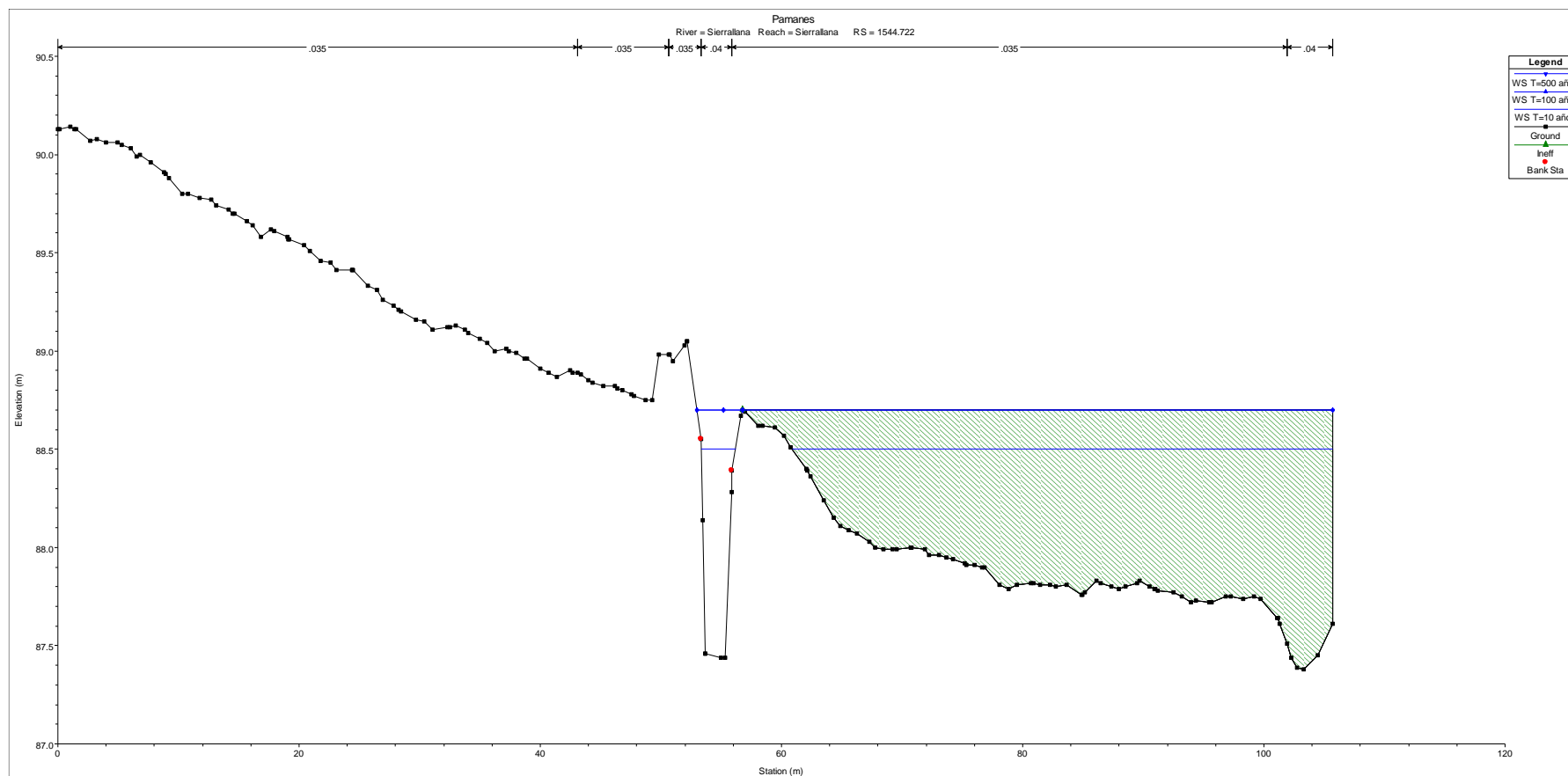


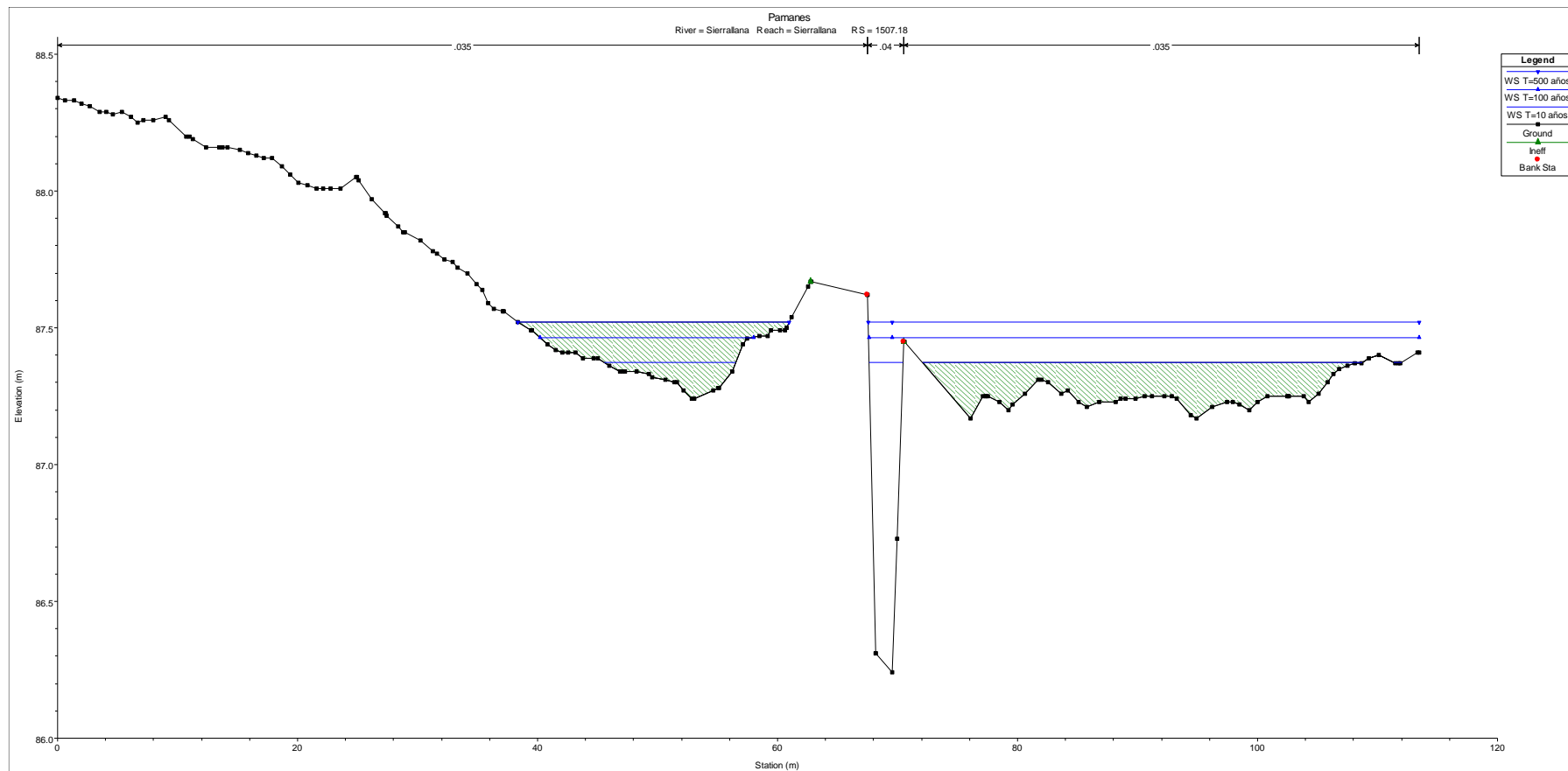


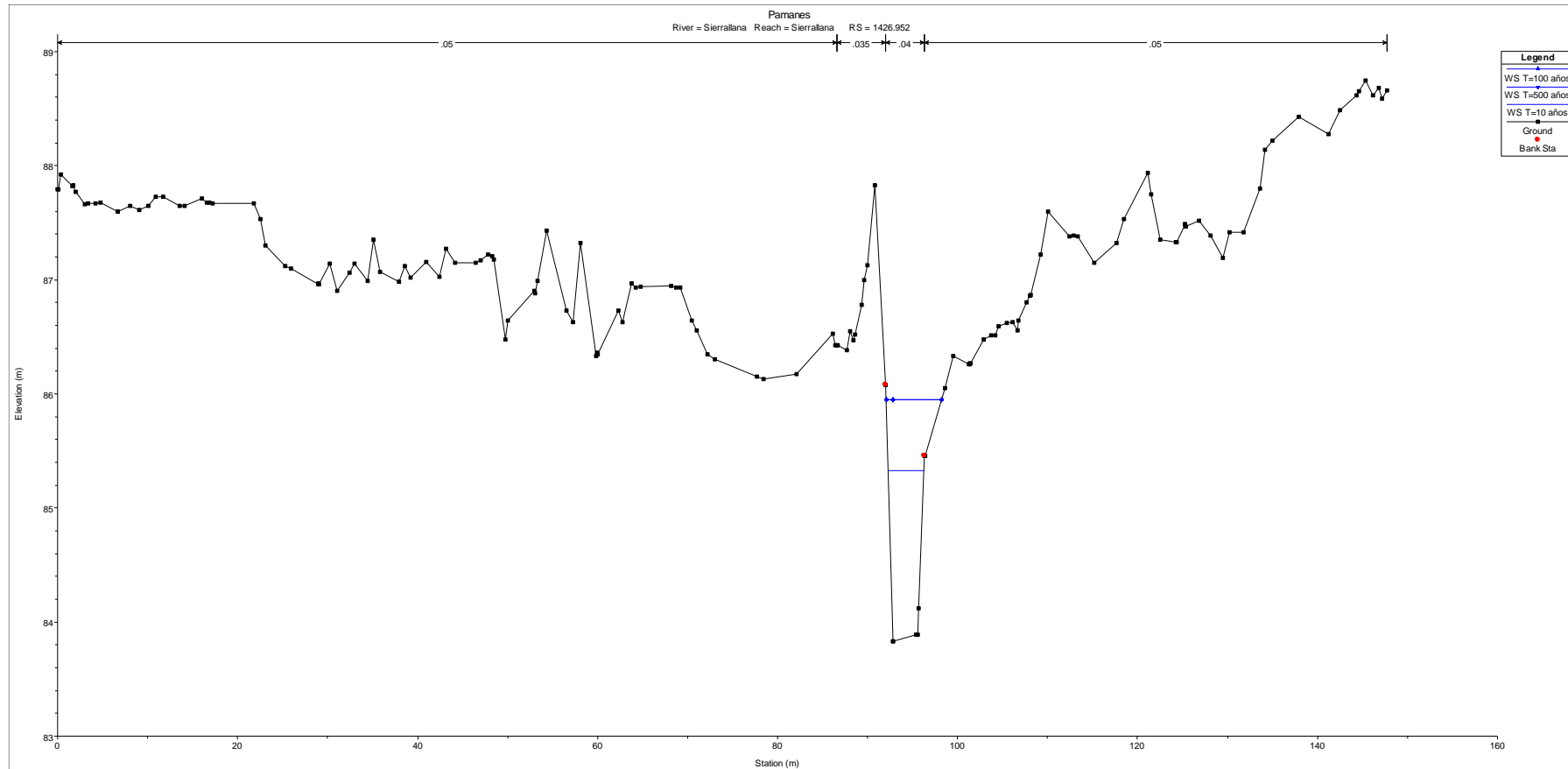
5

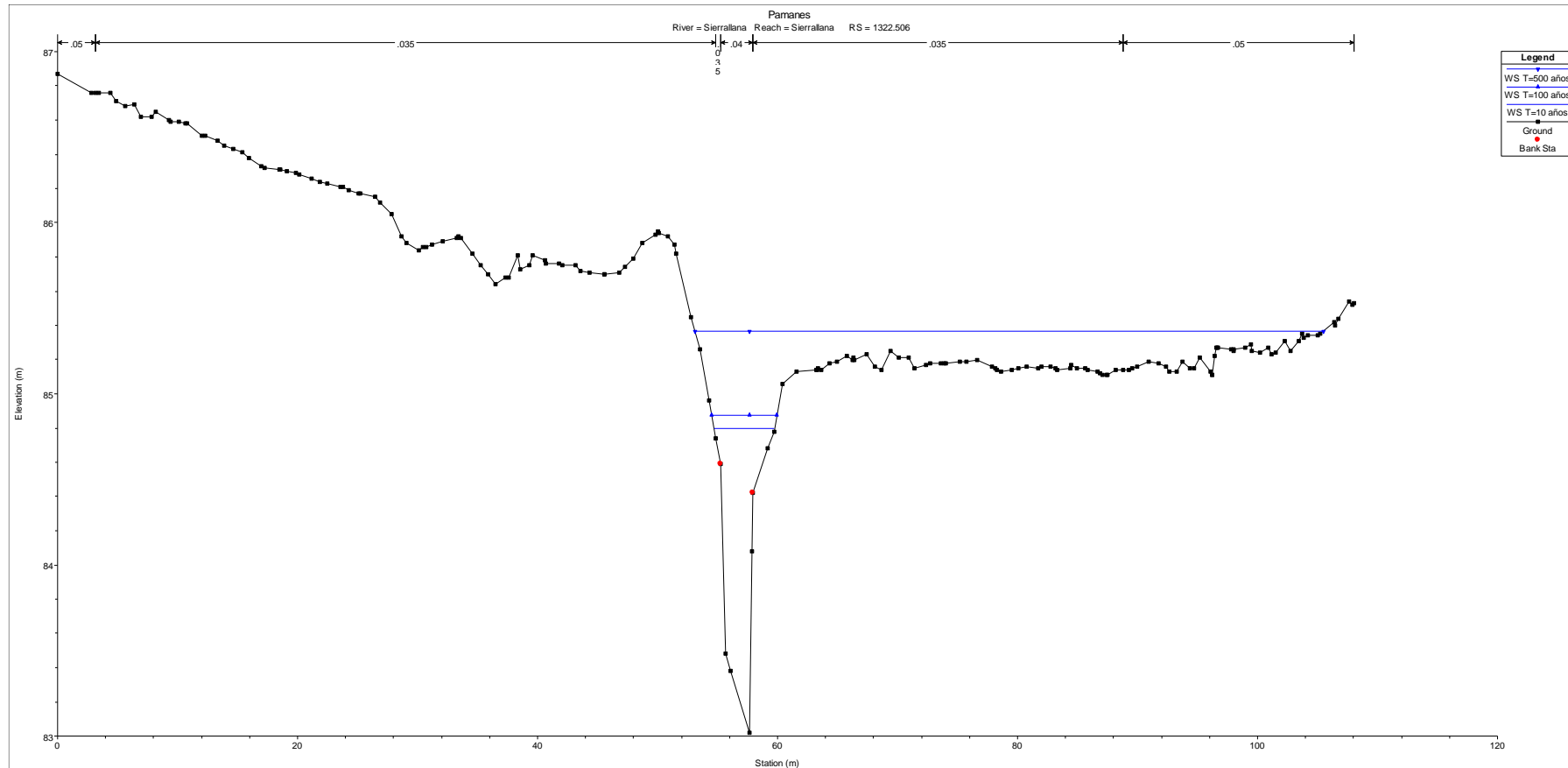


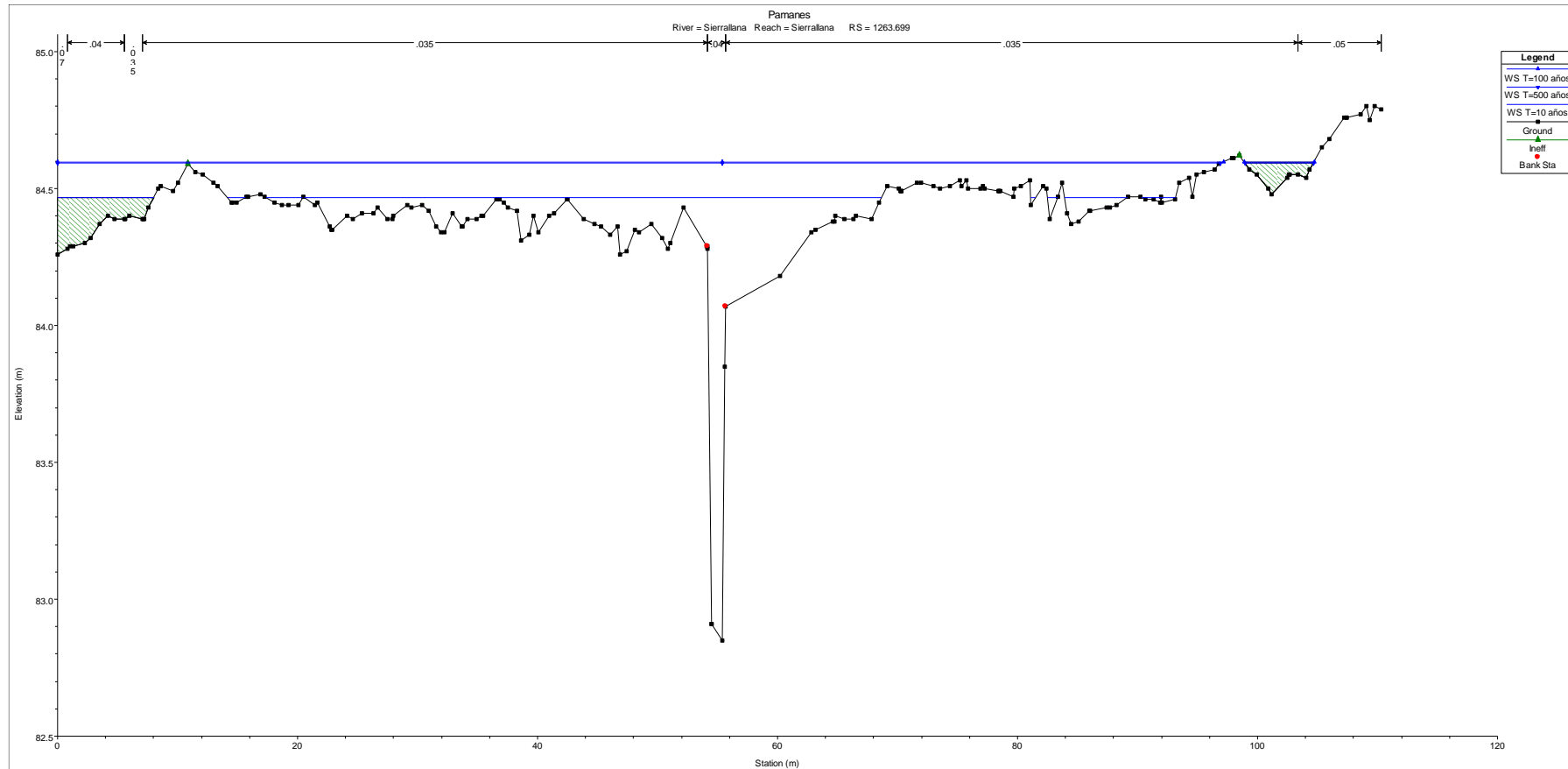


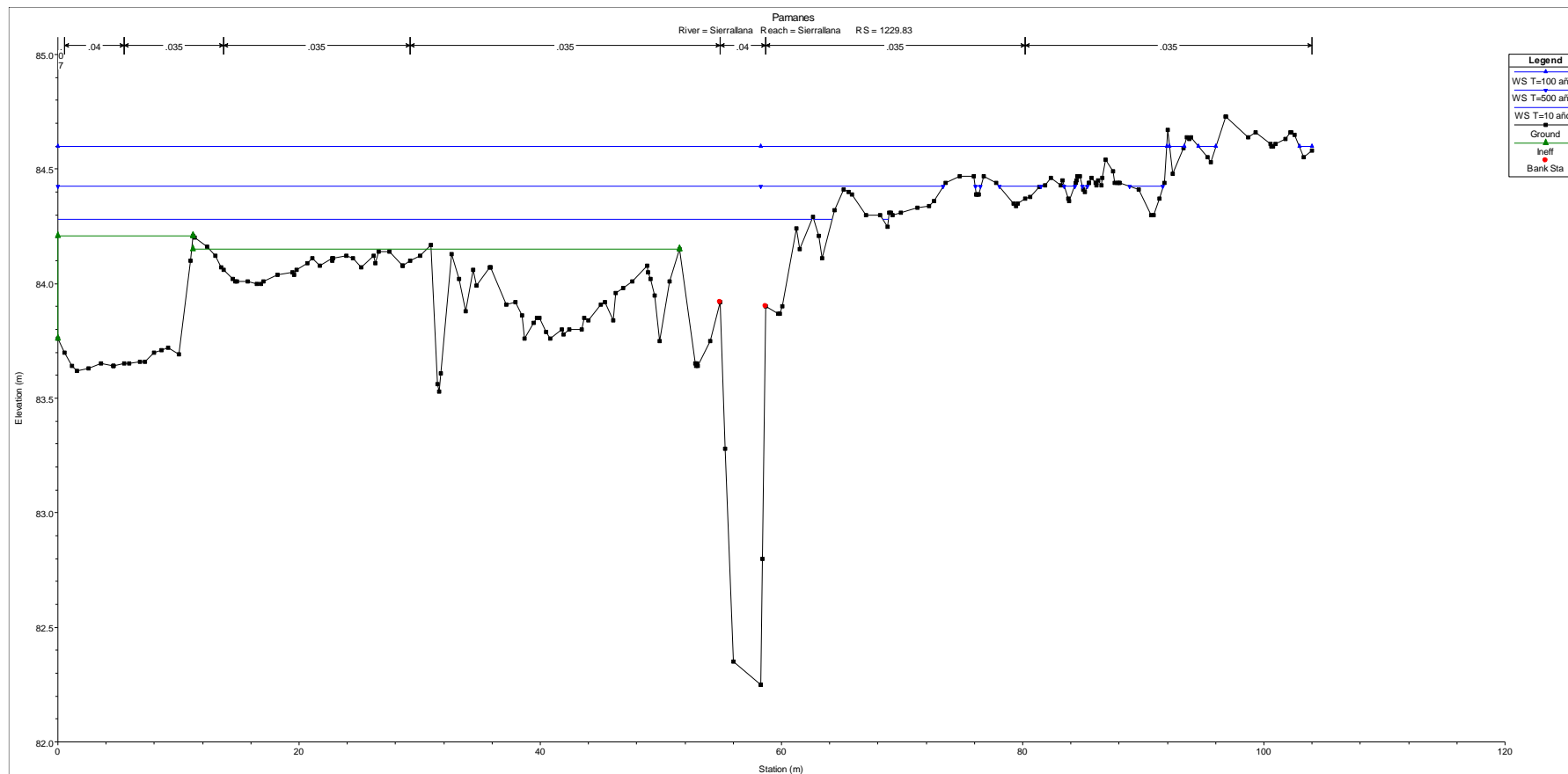


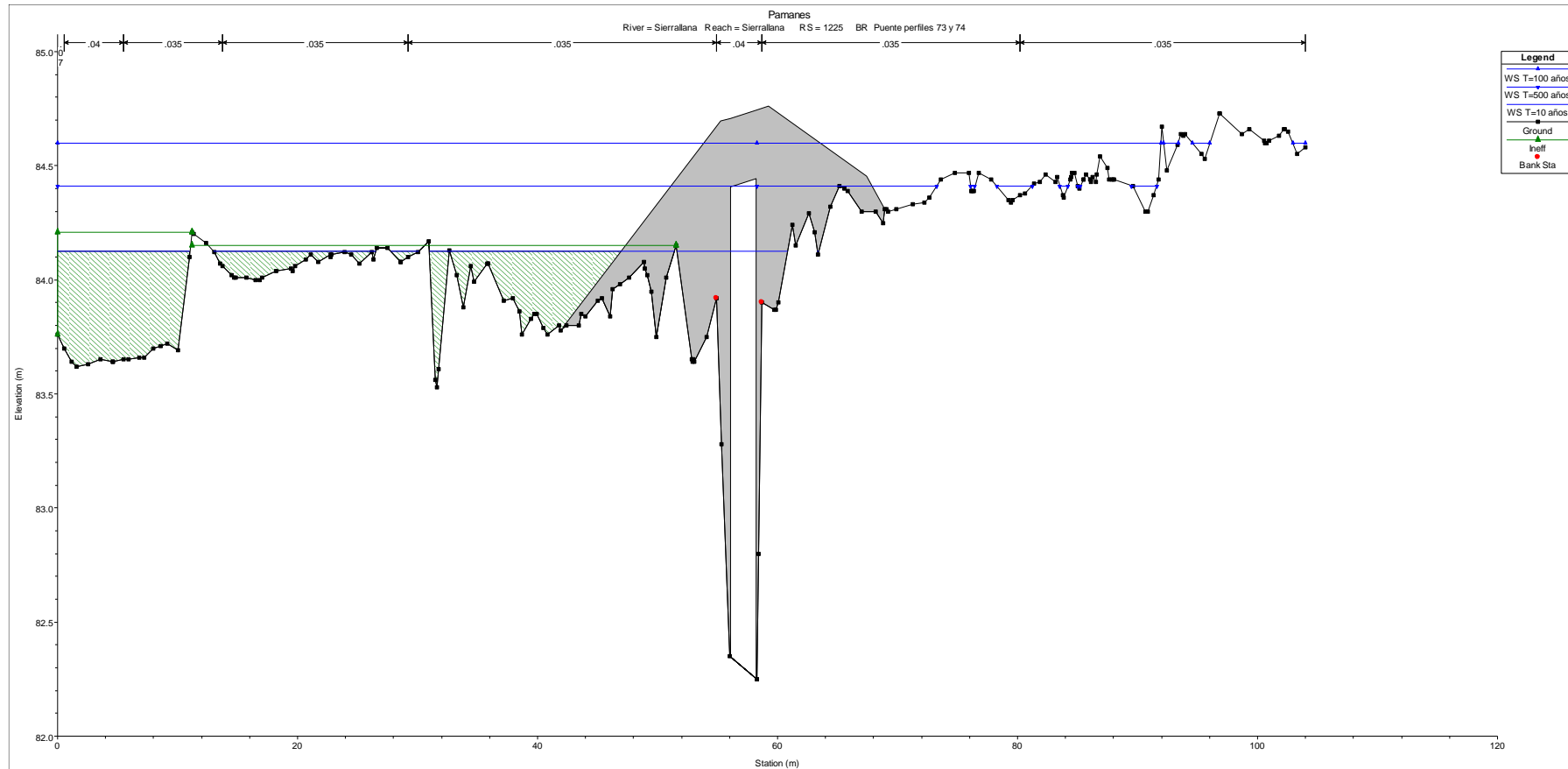


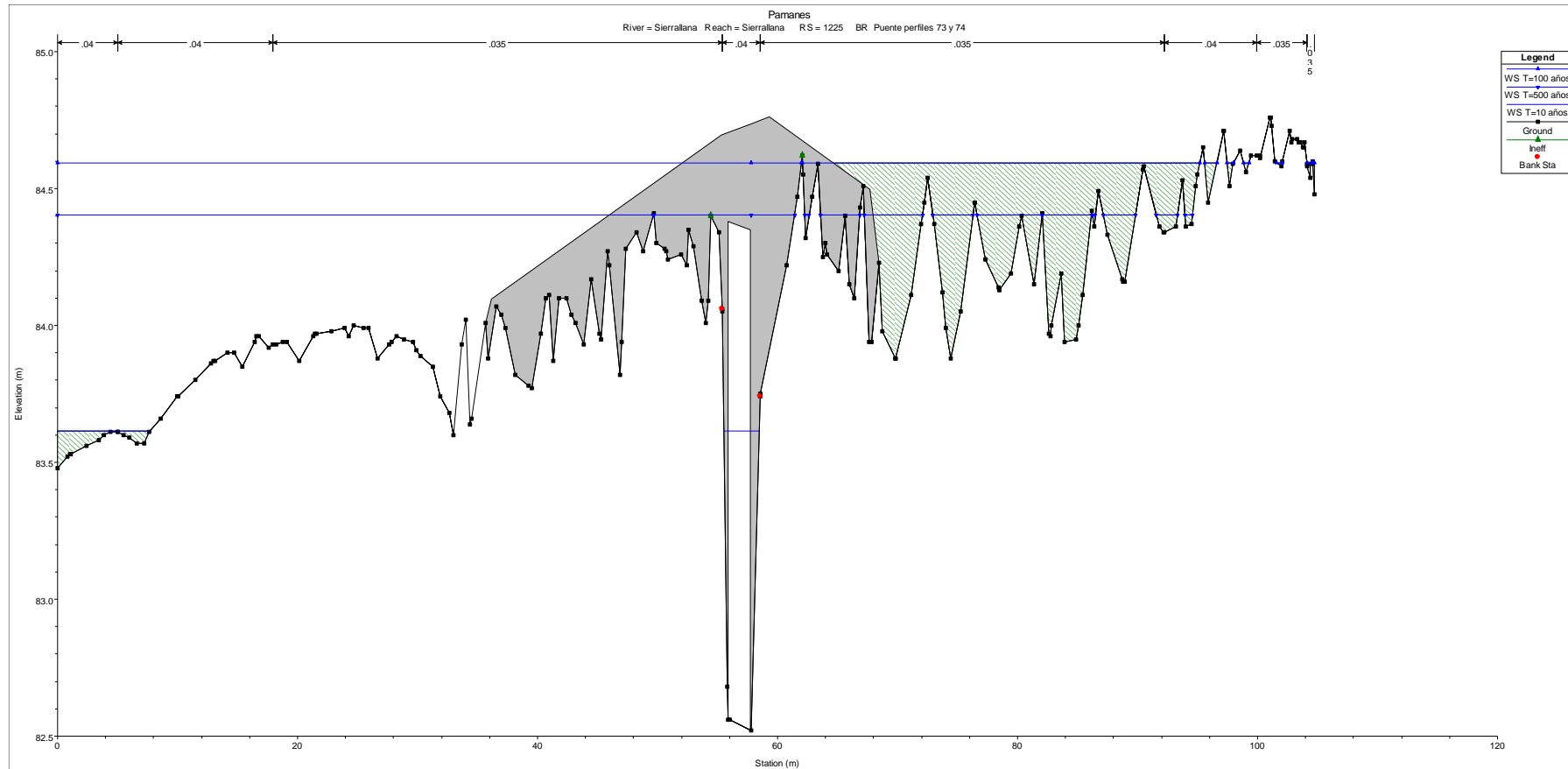


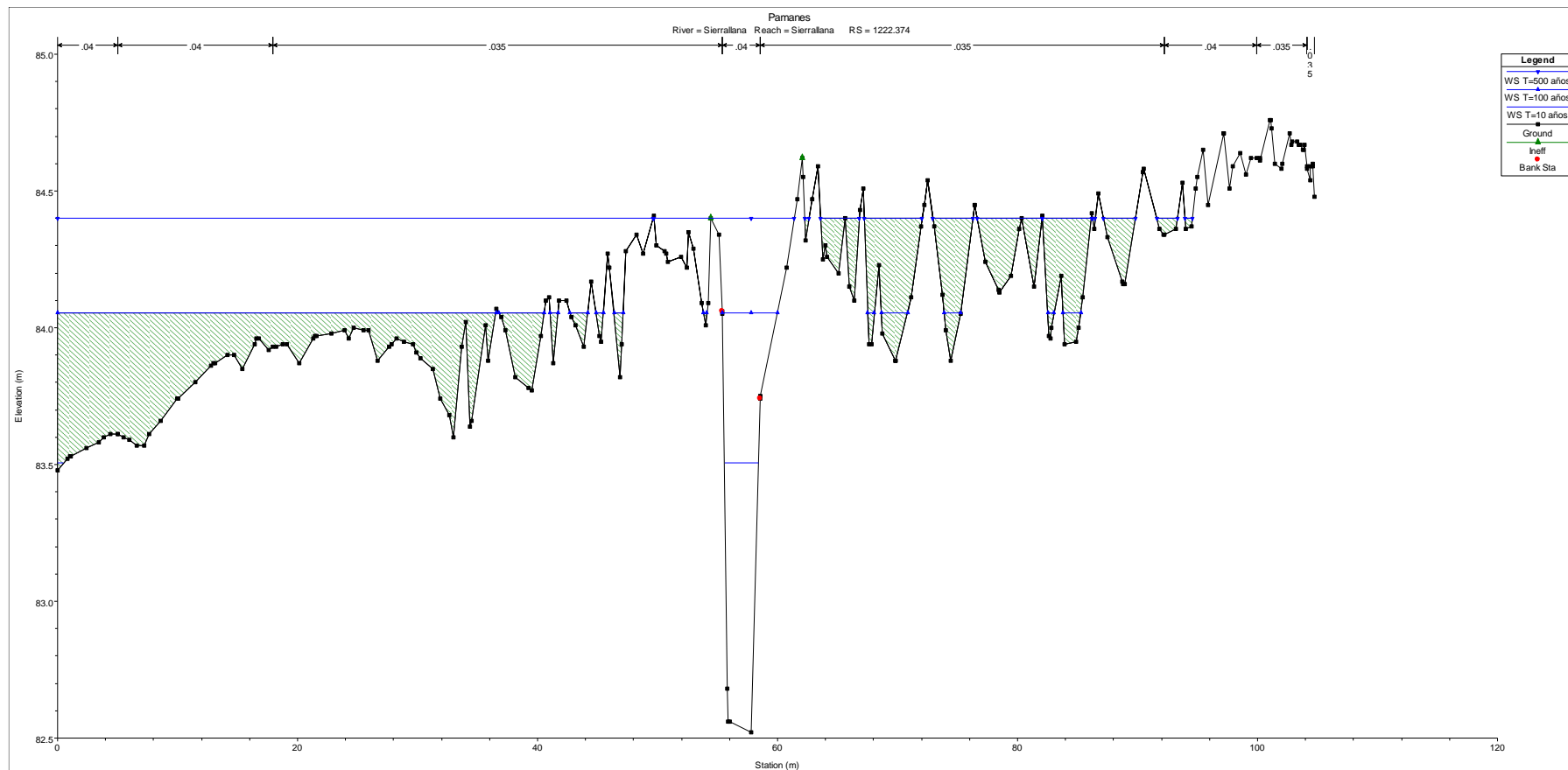


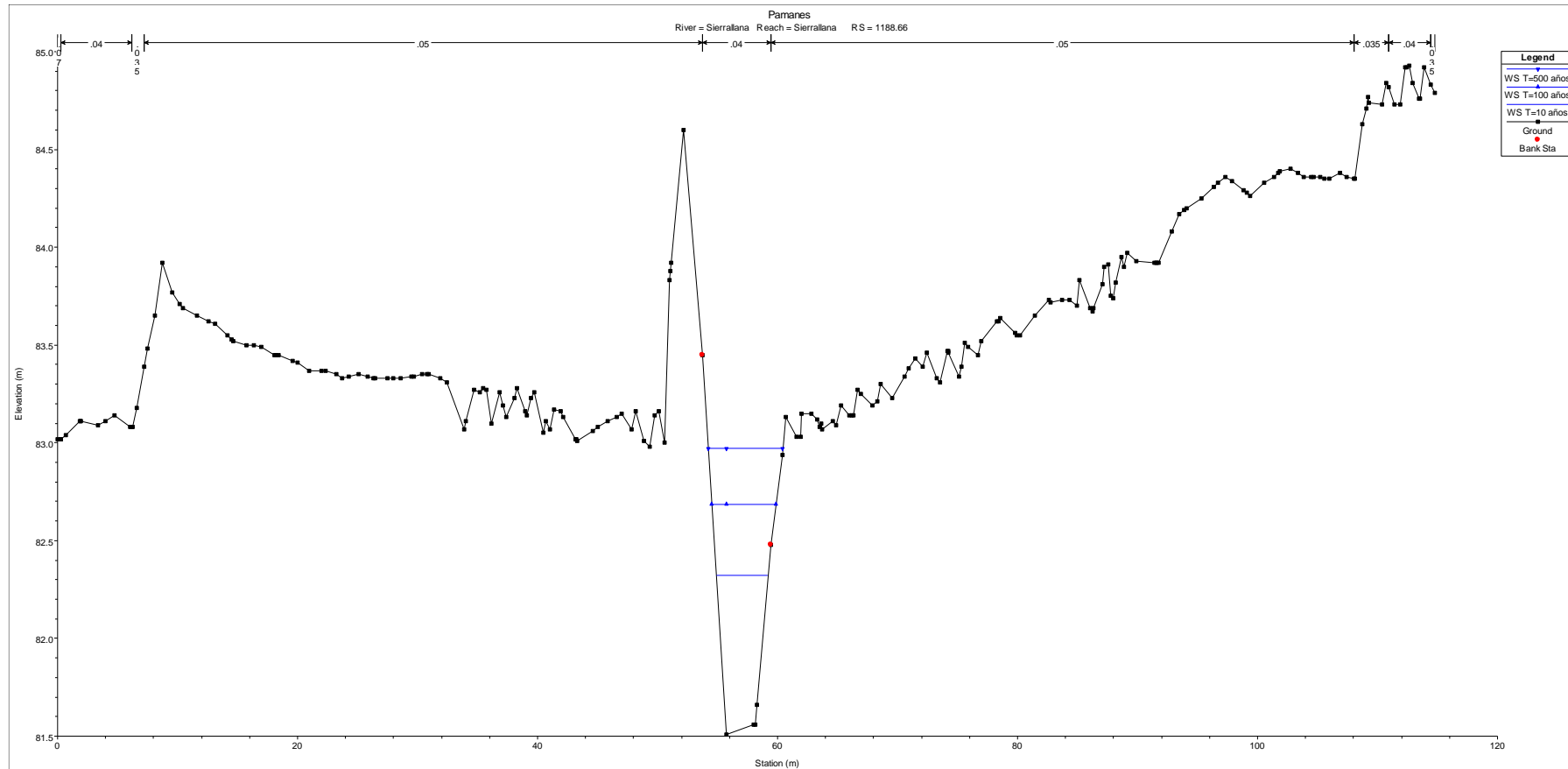


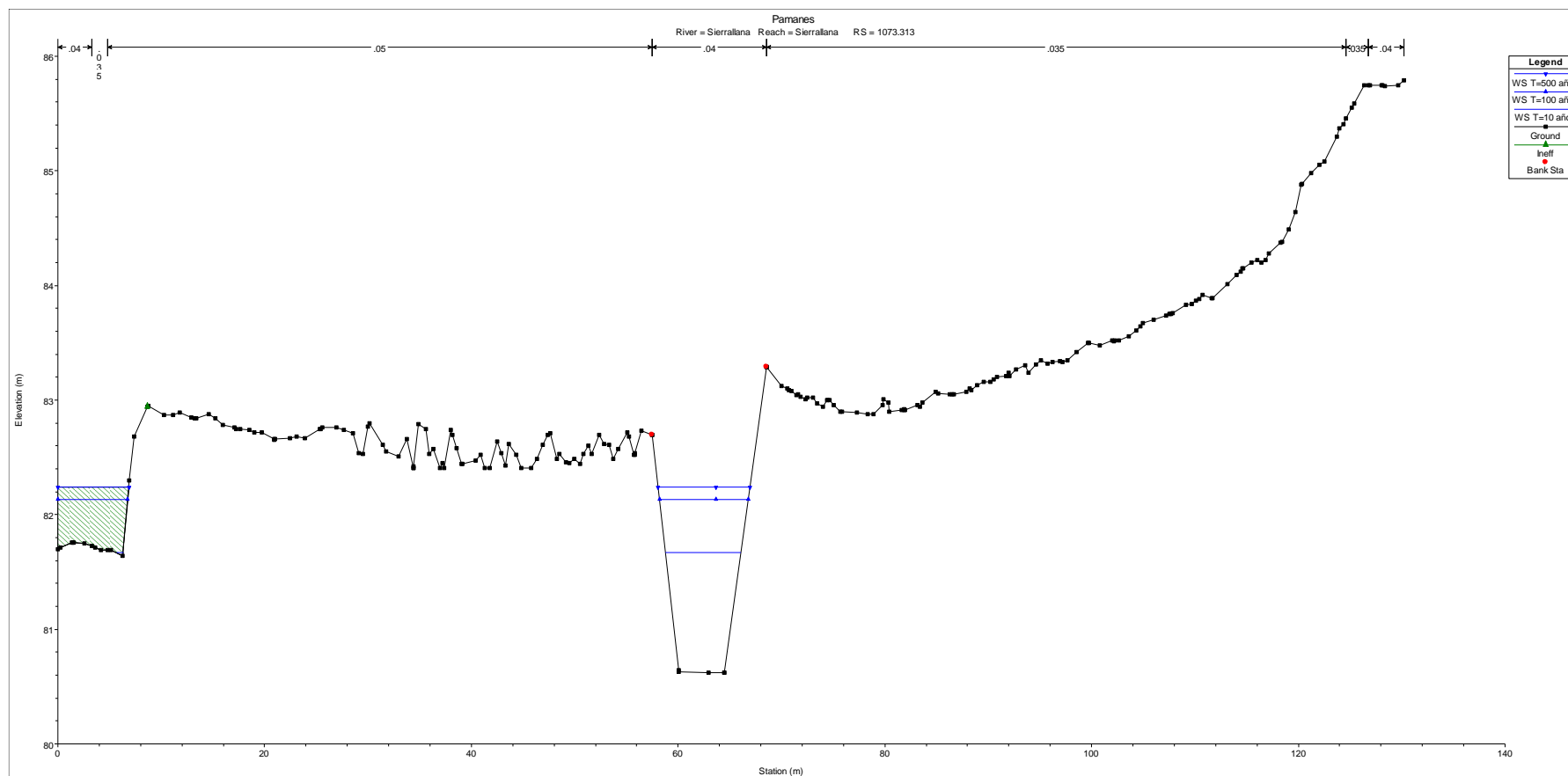


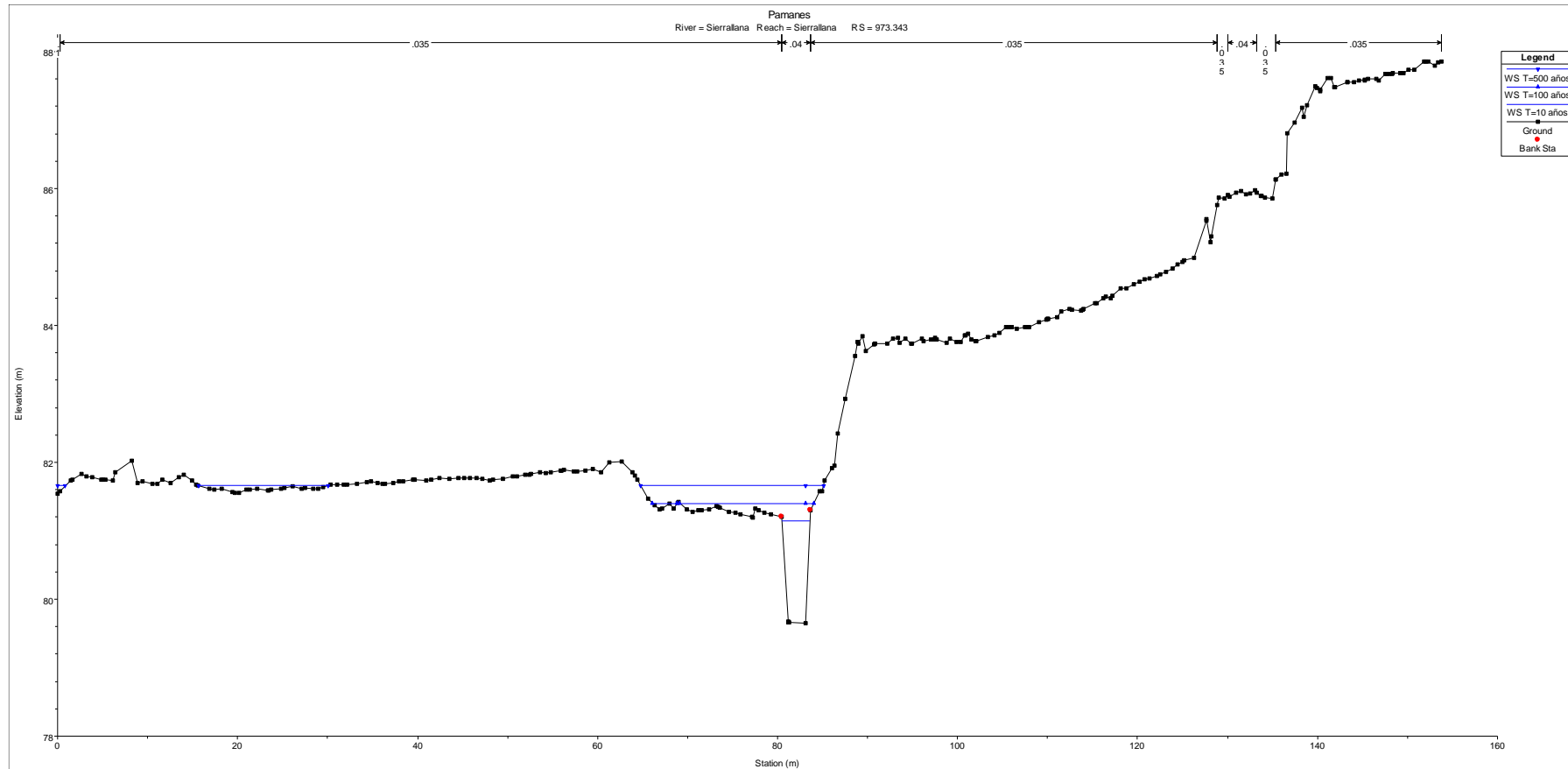


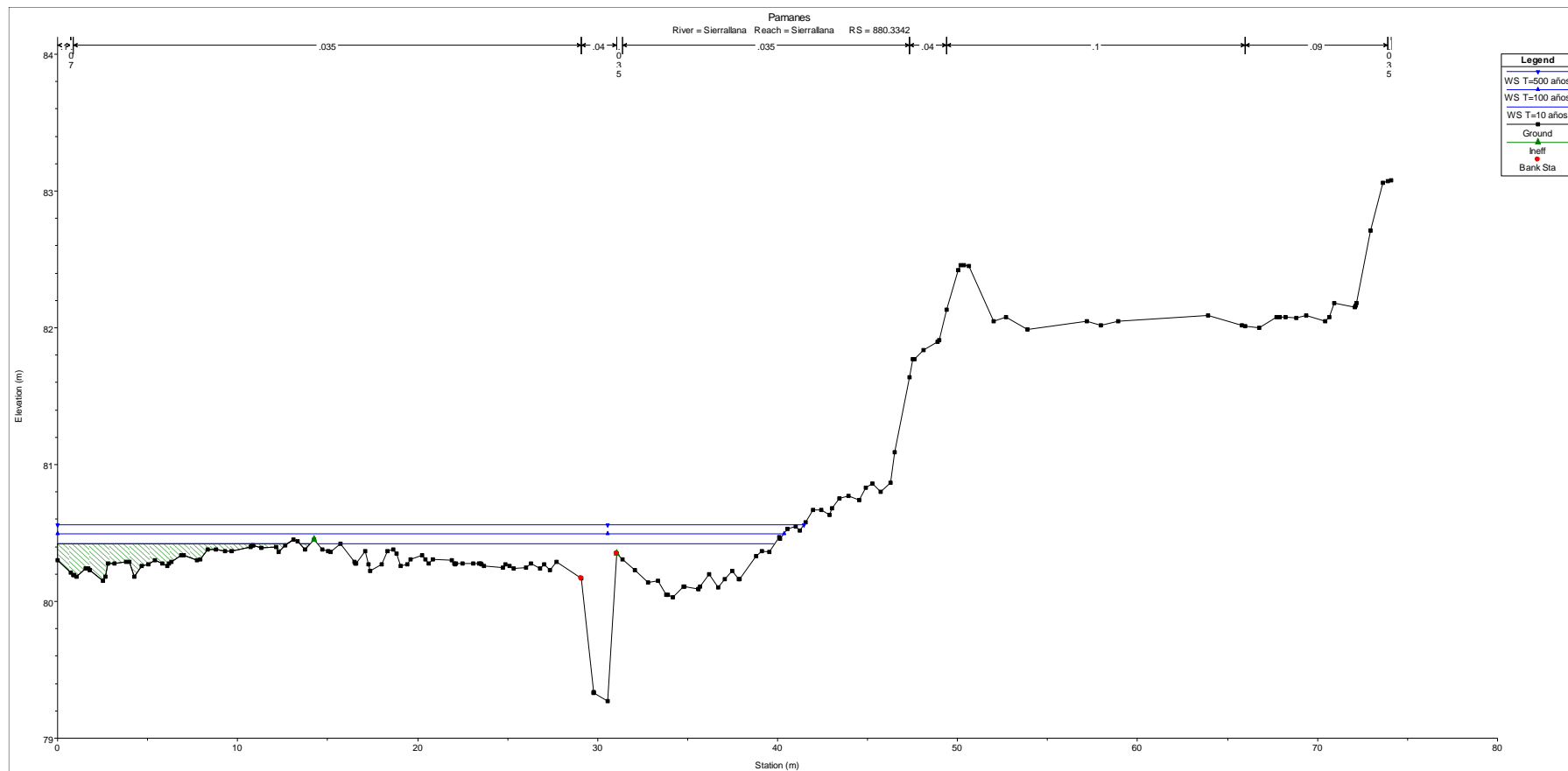


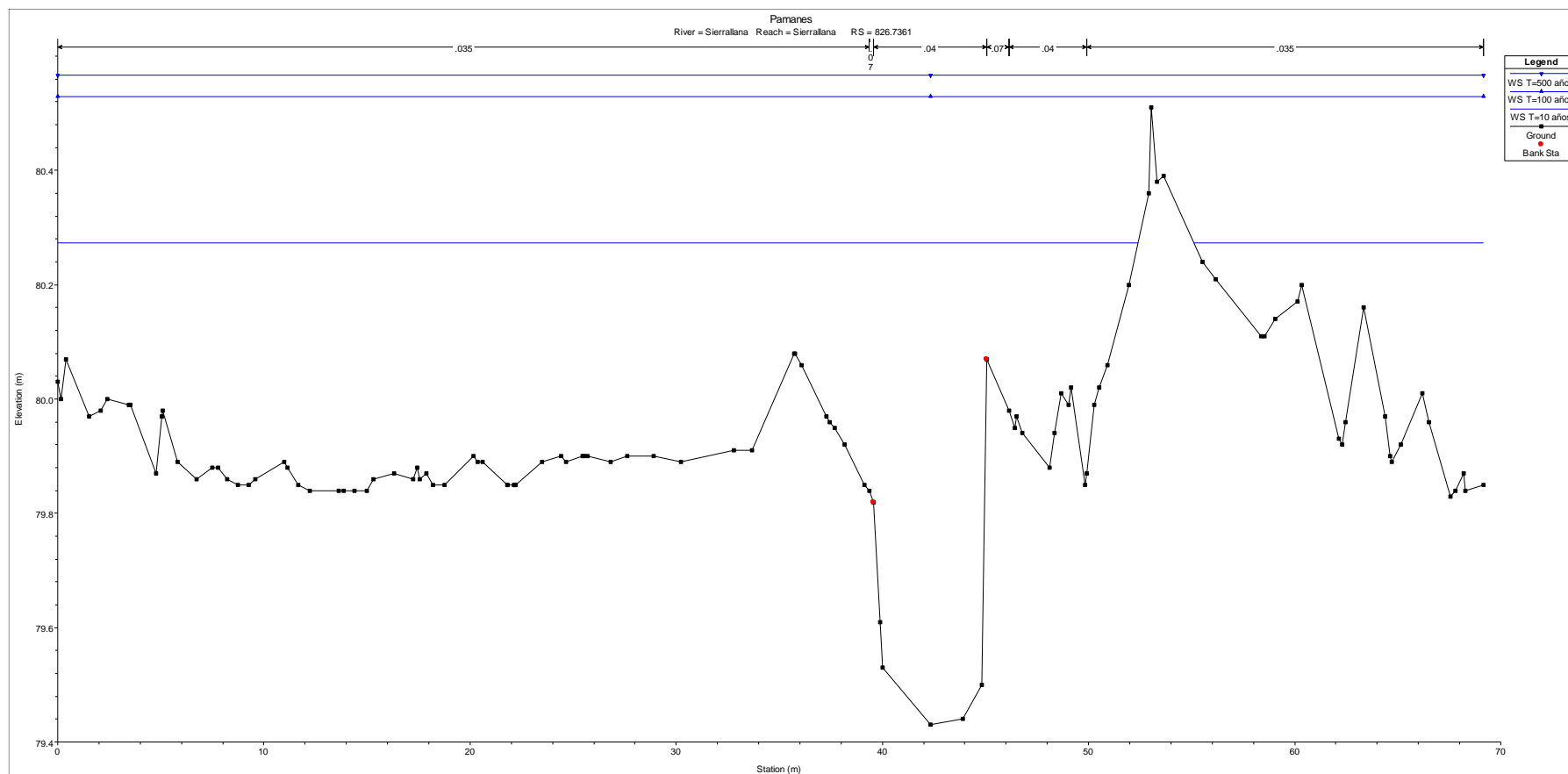


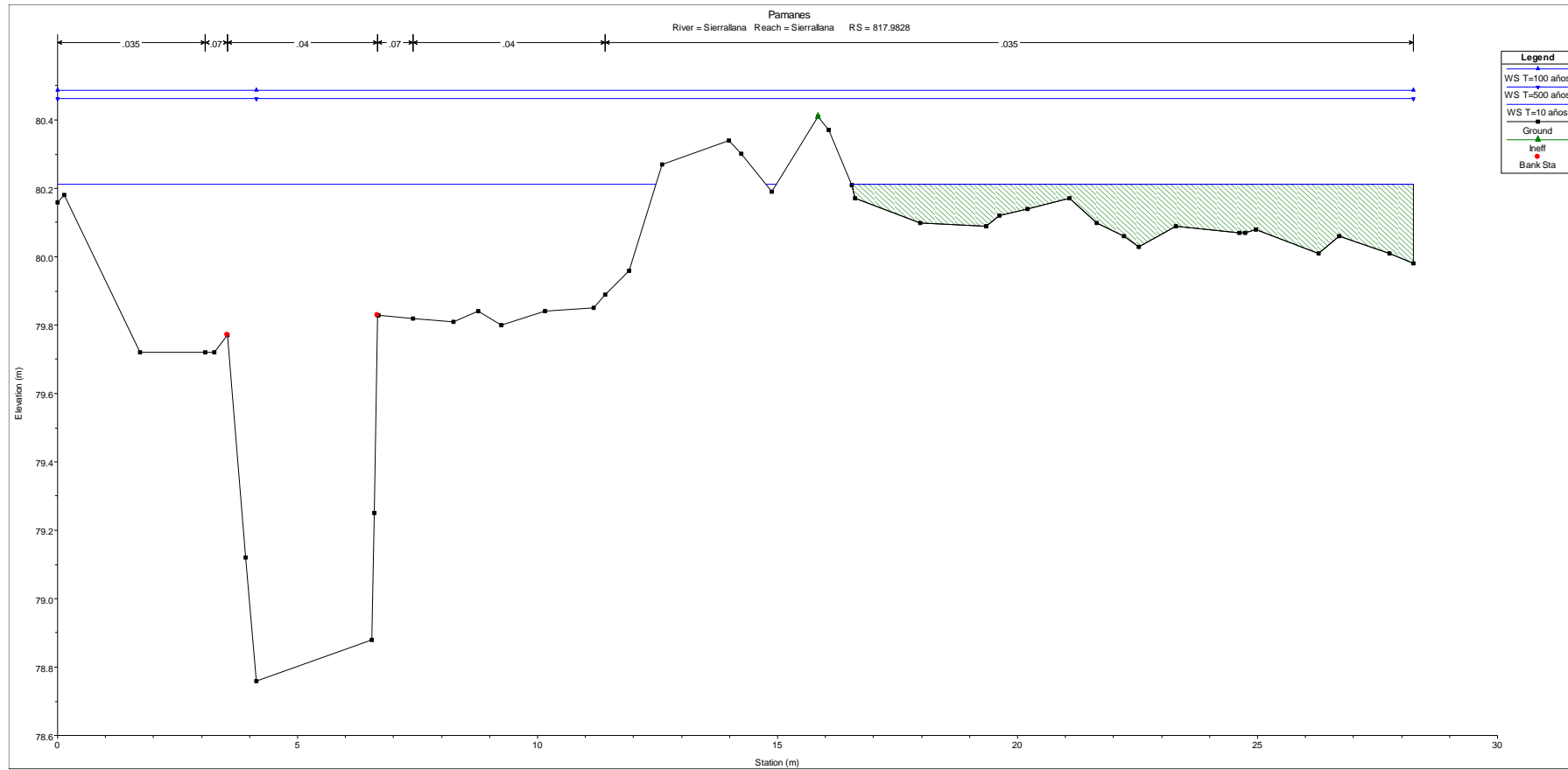


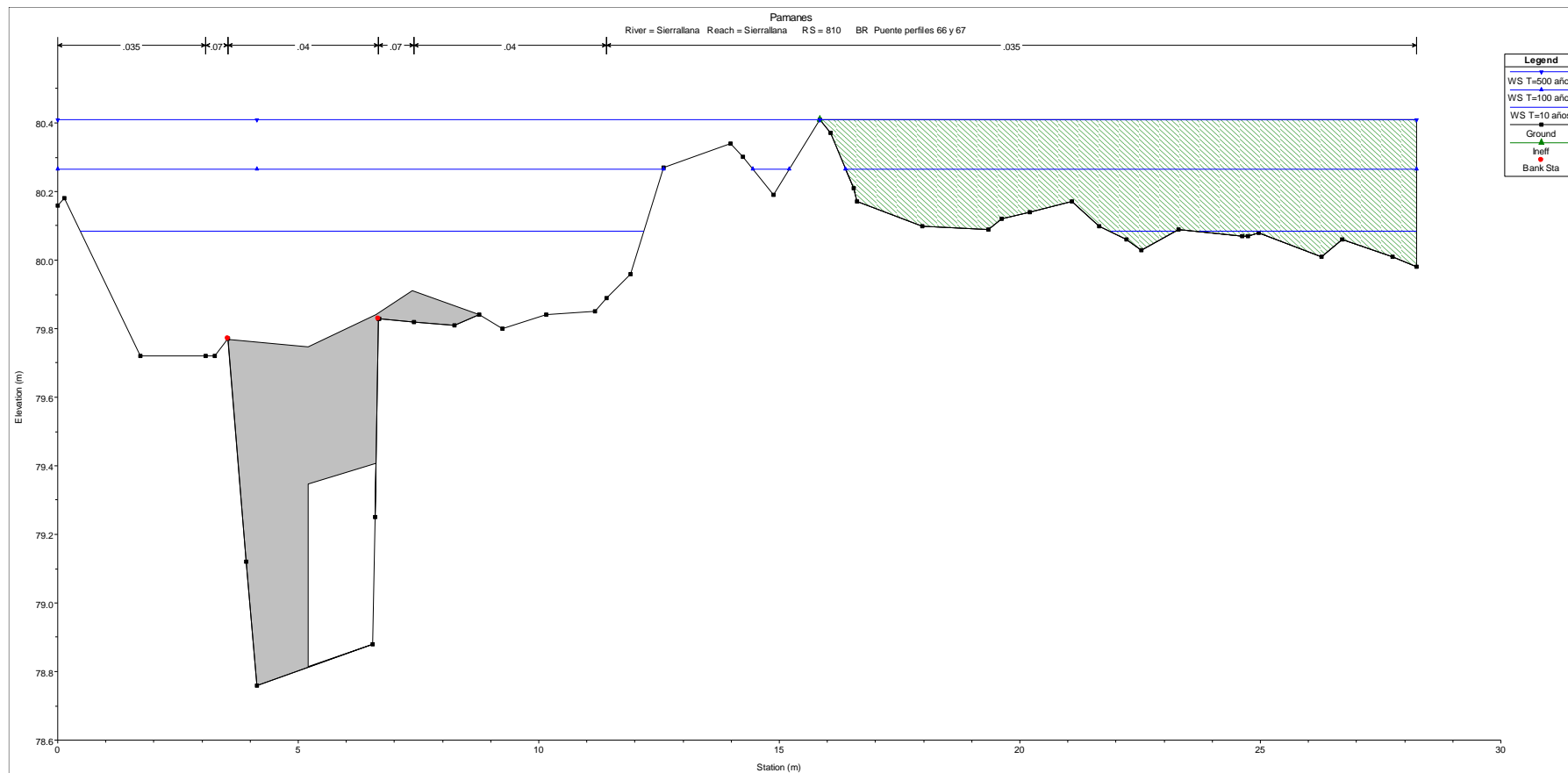


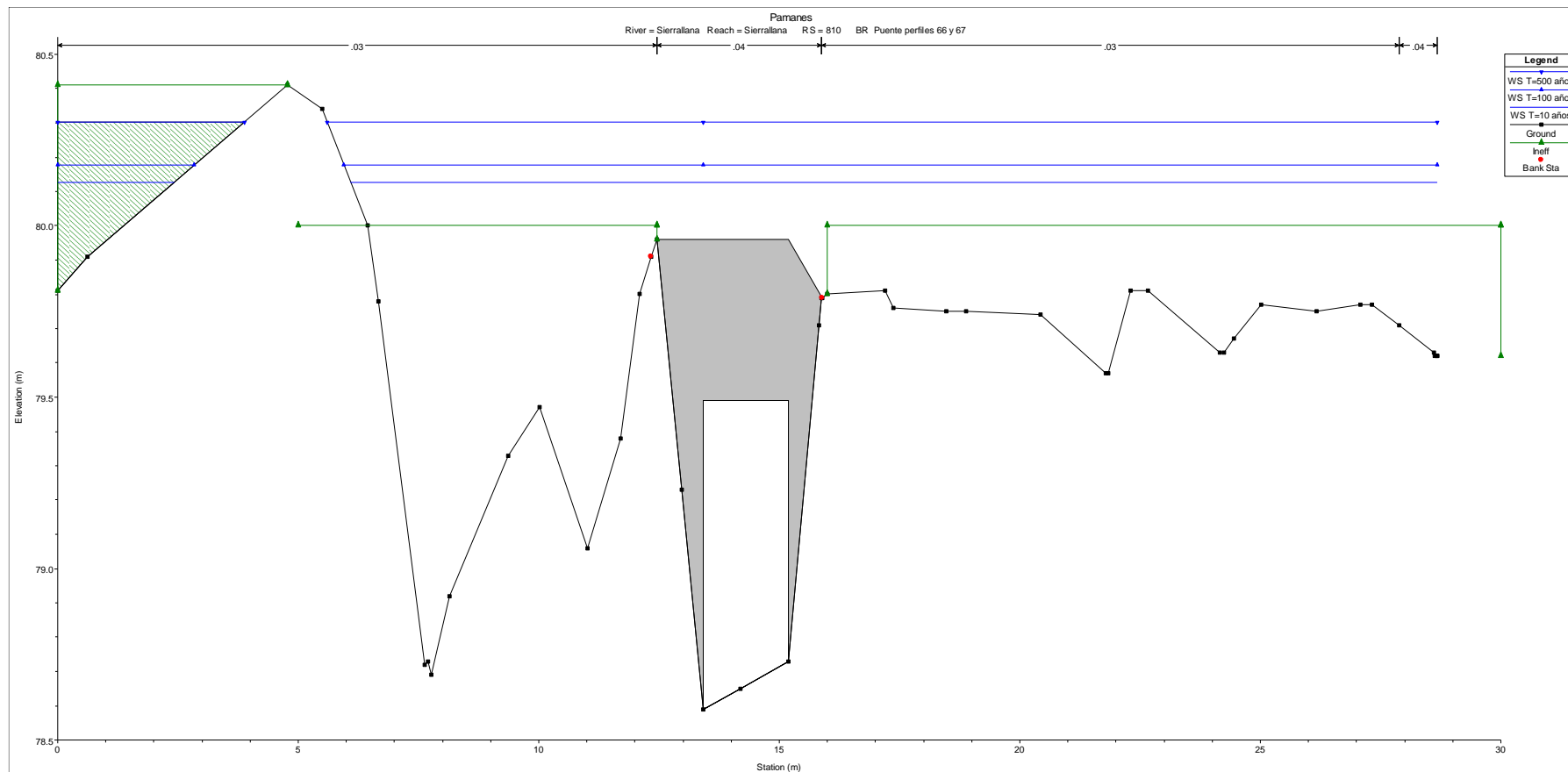


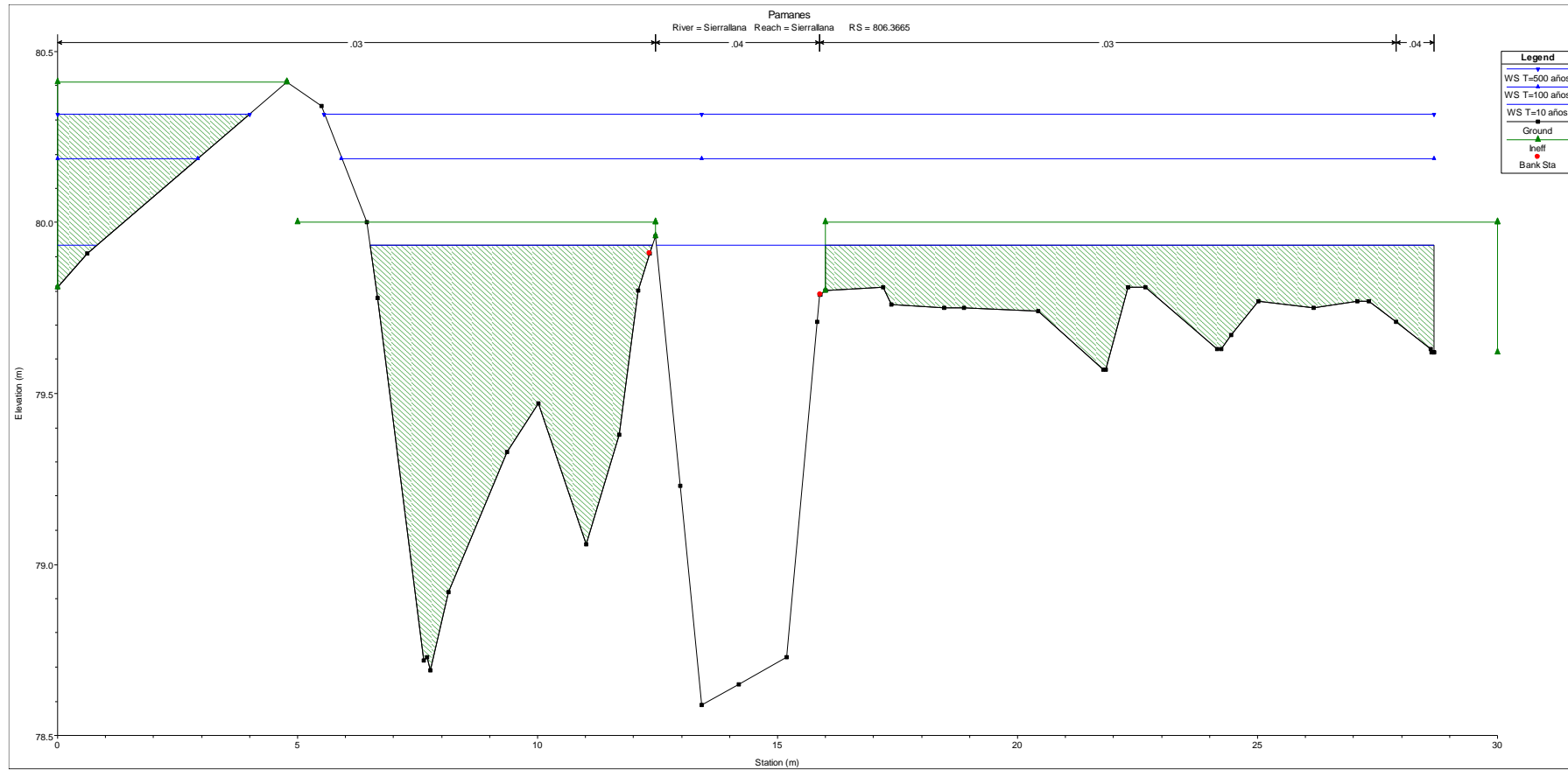


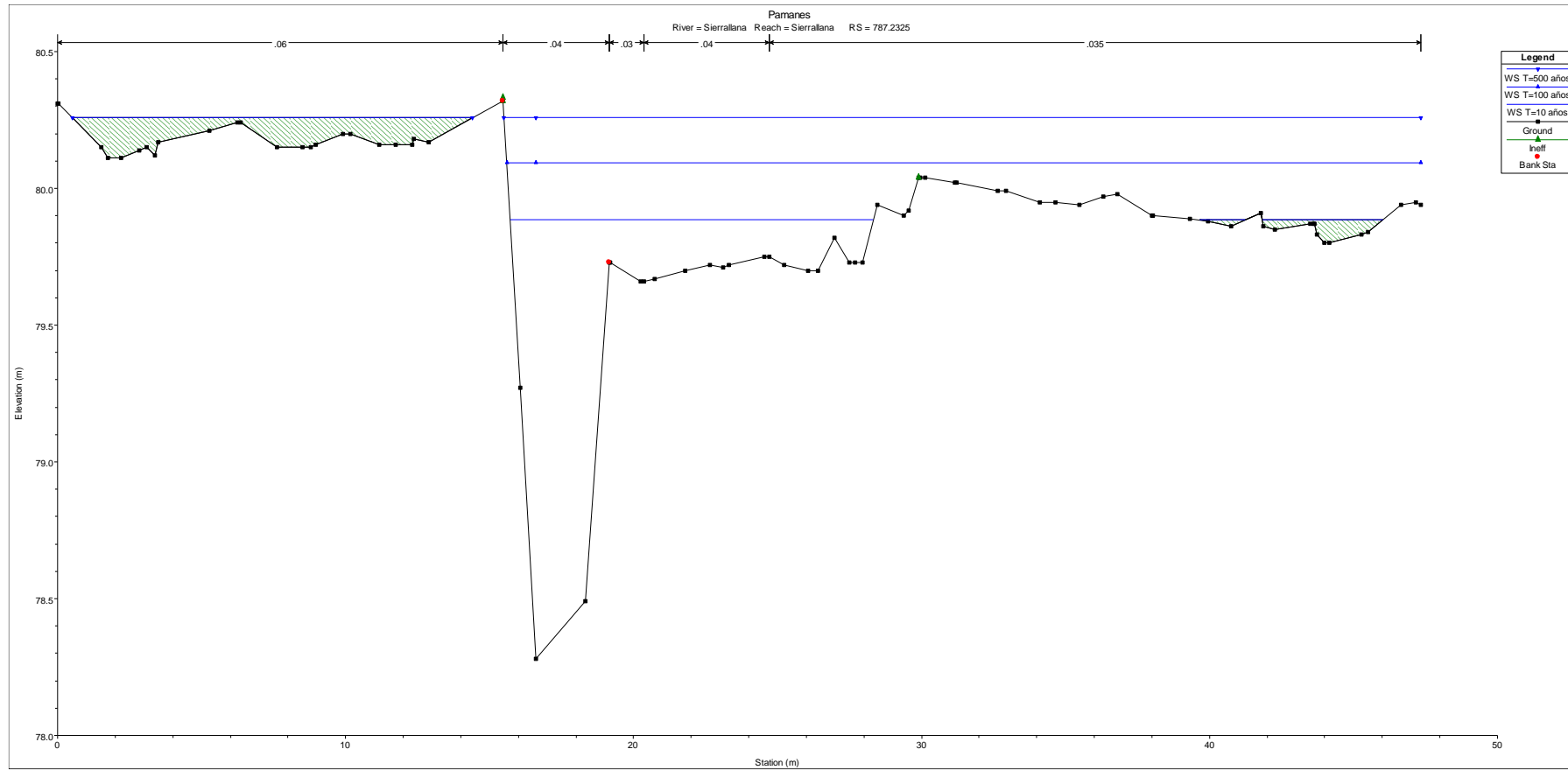


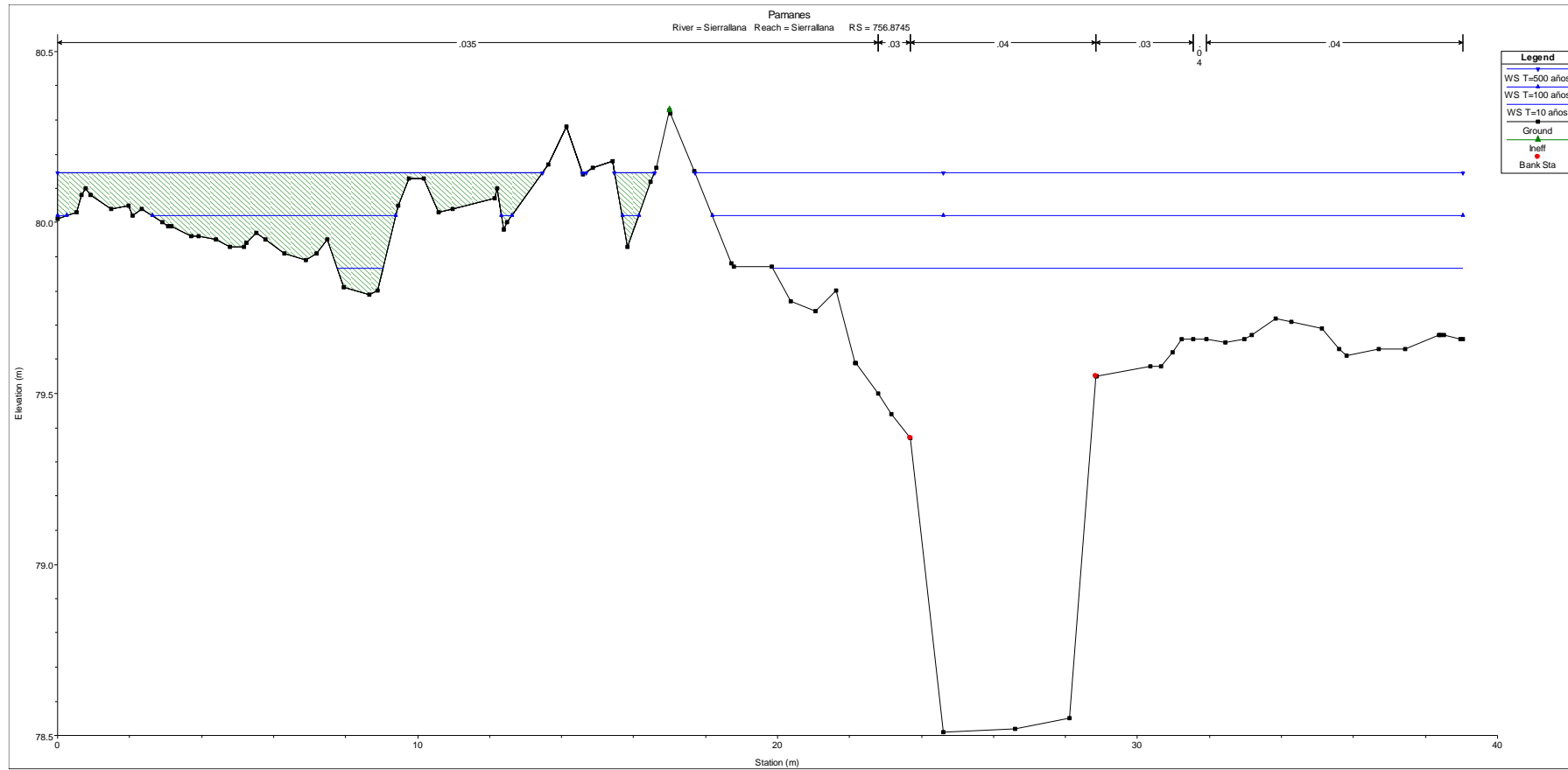


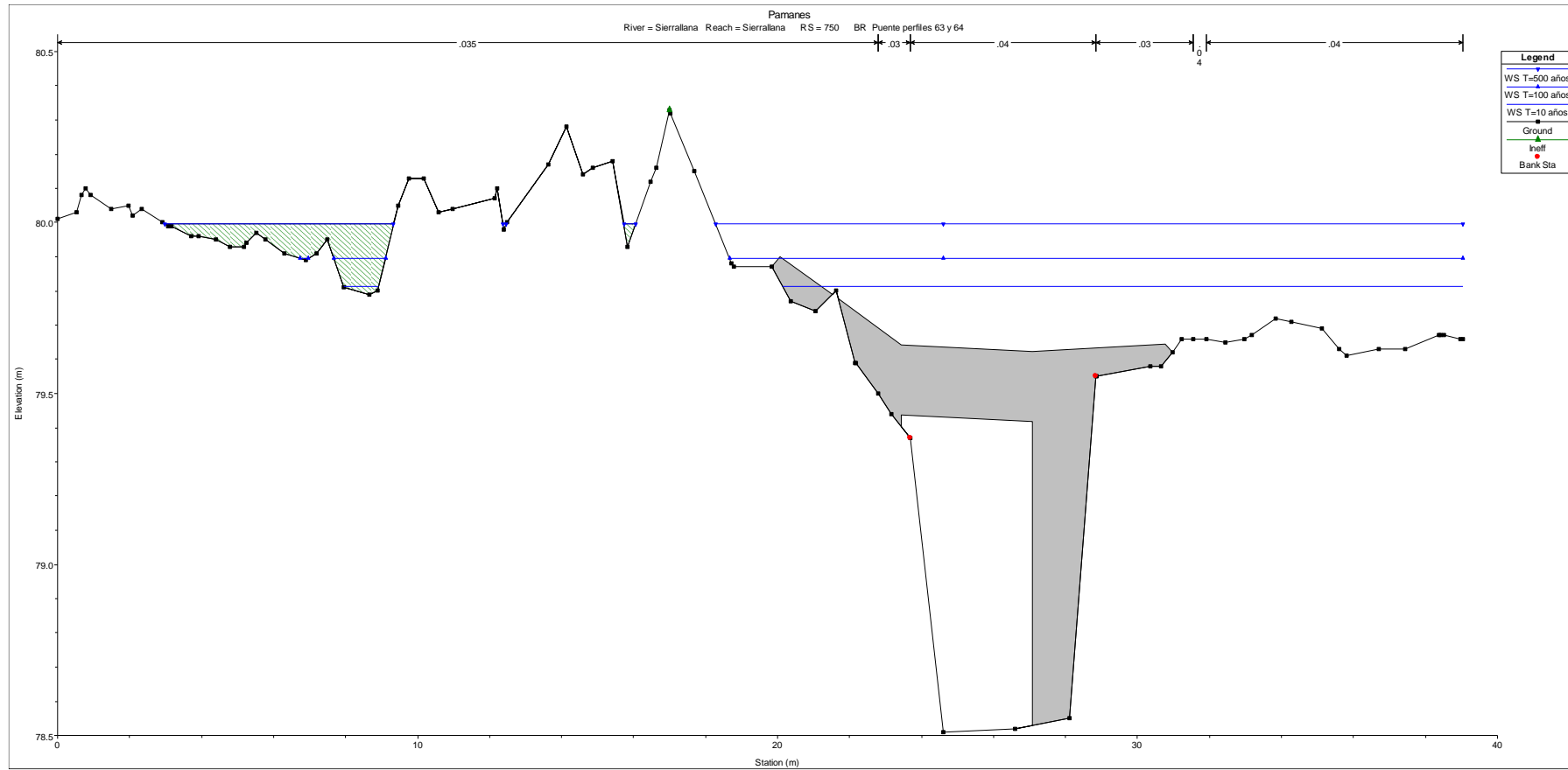


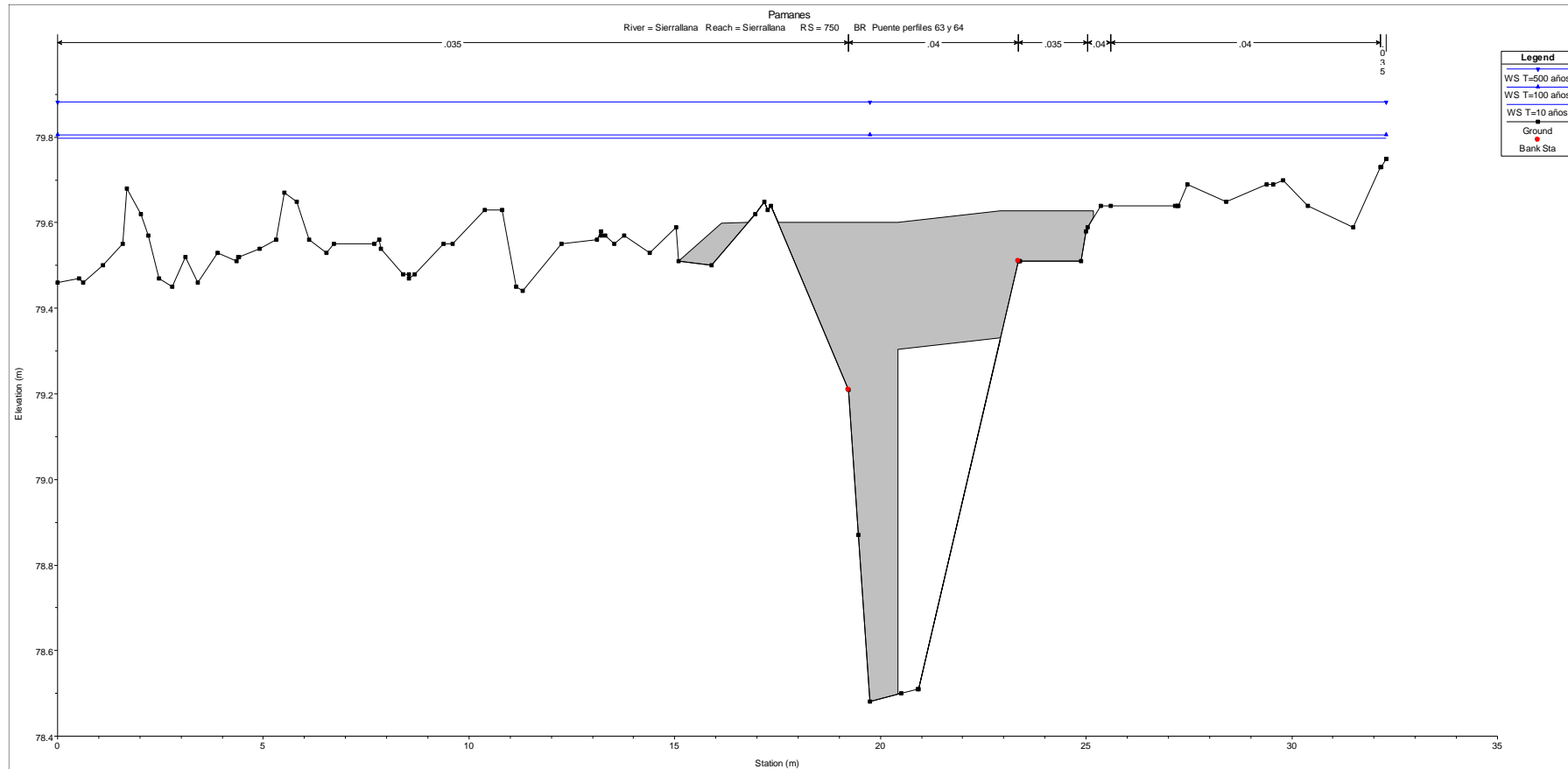


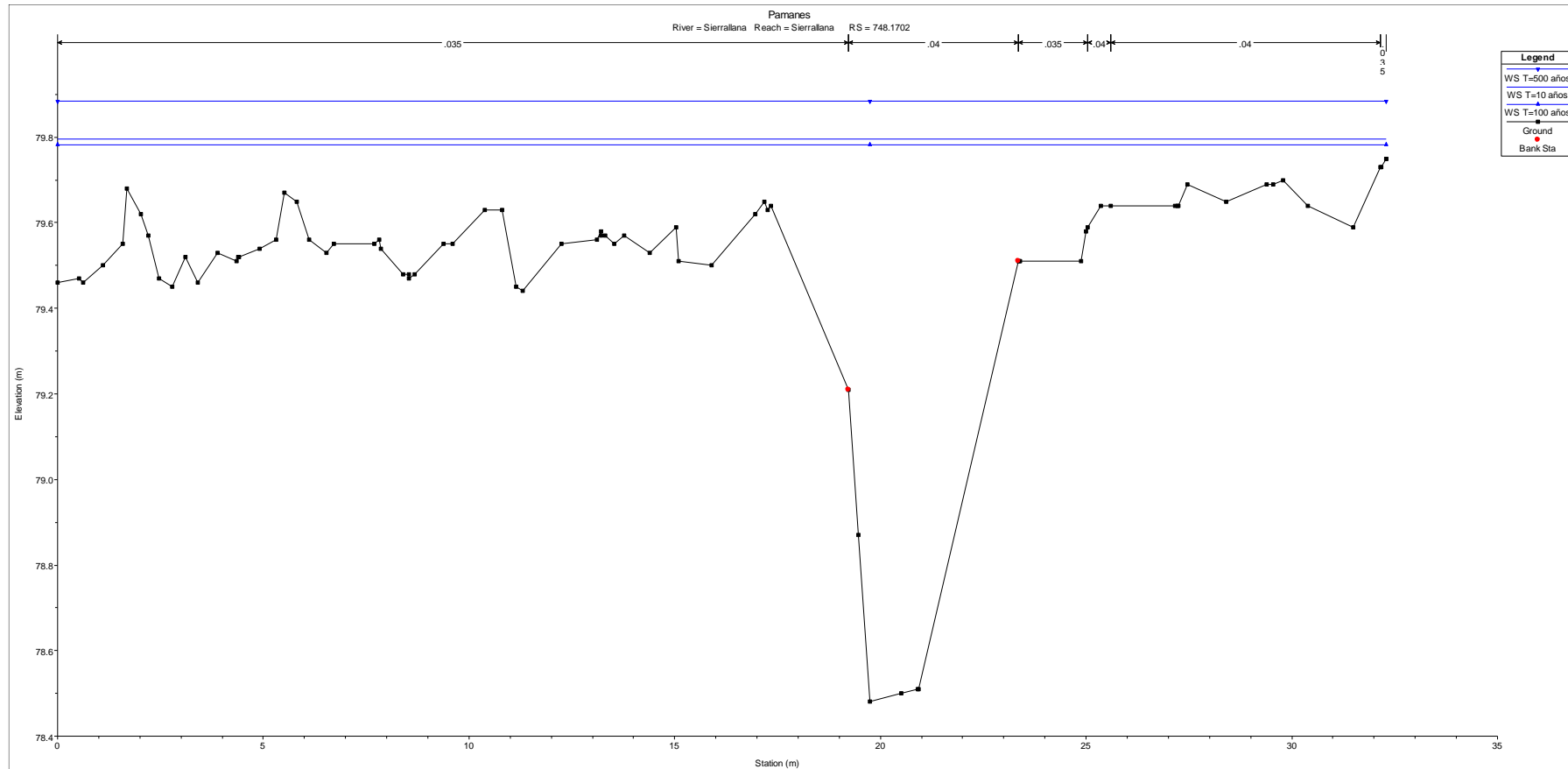


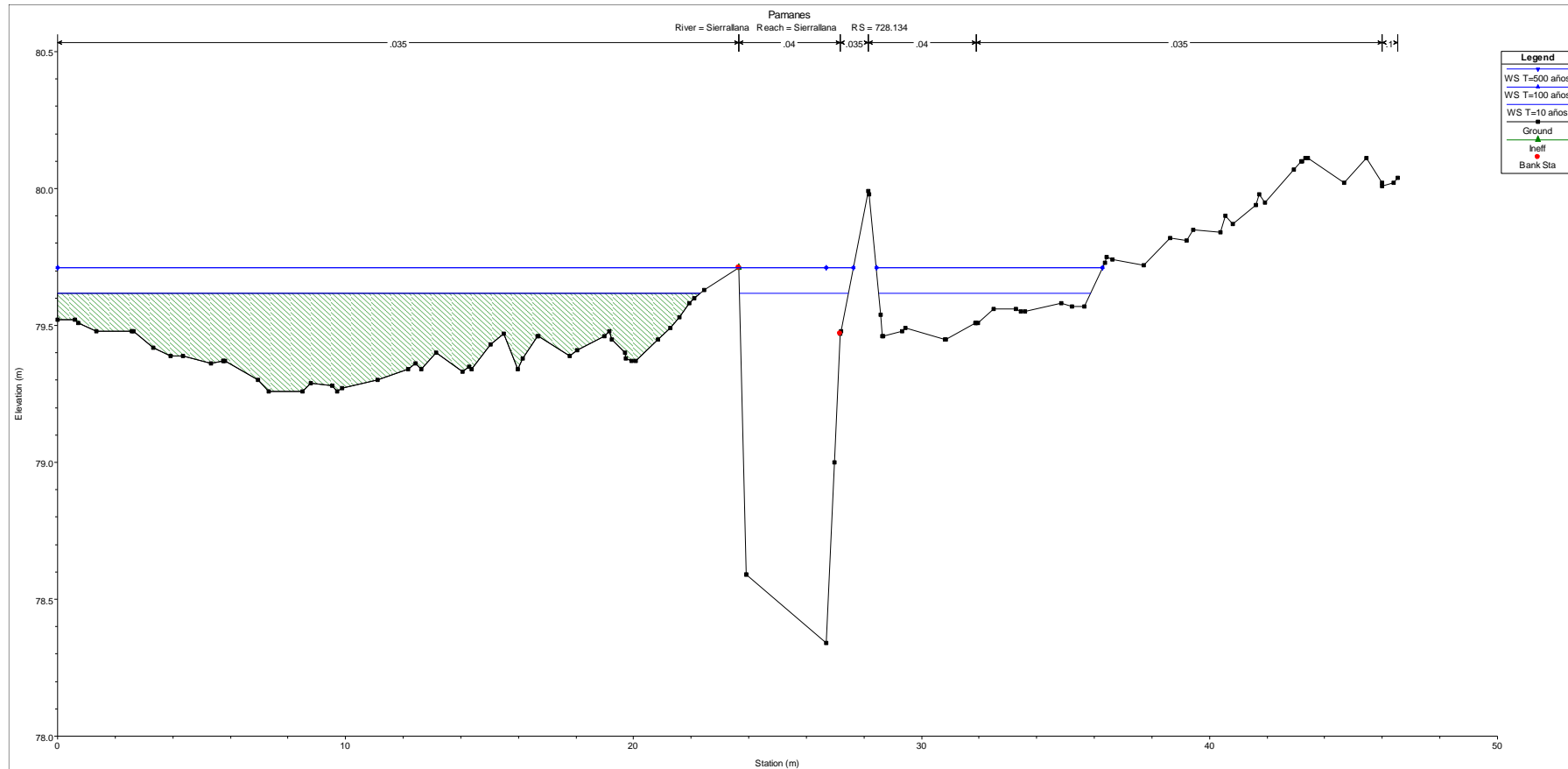


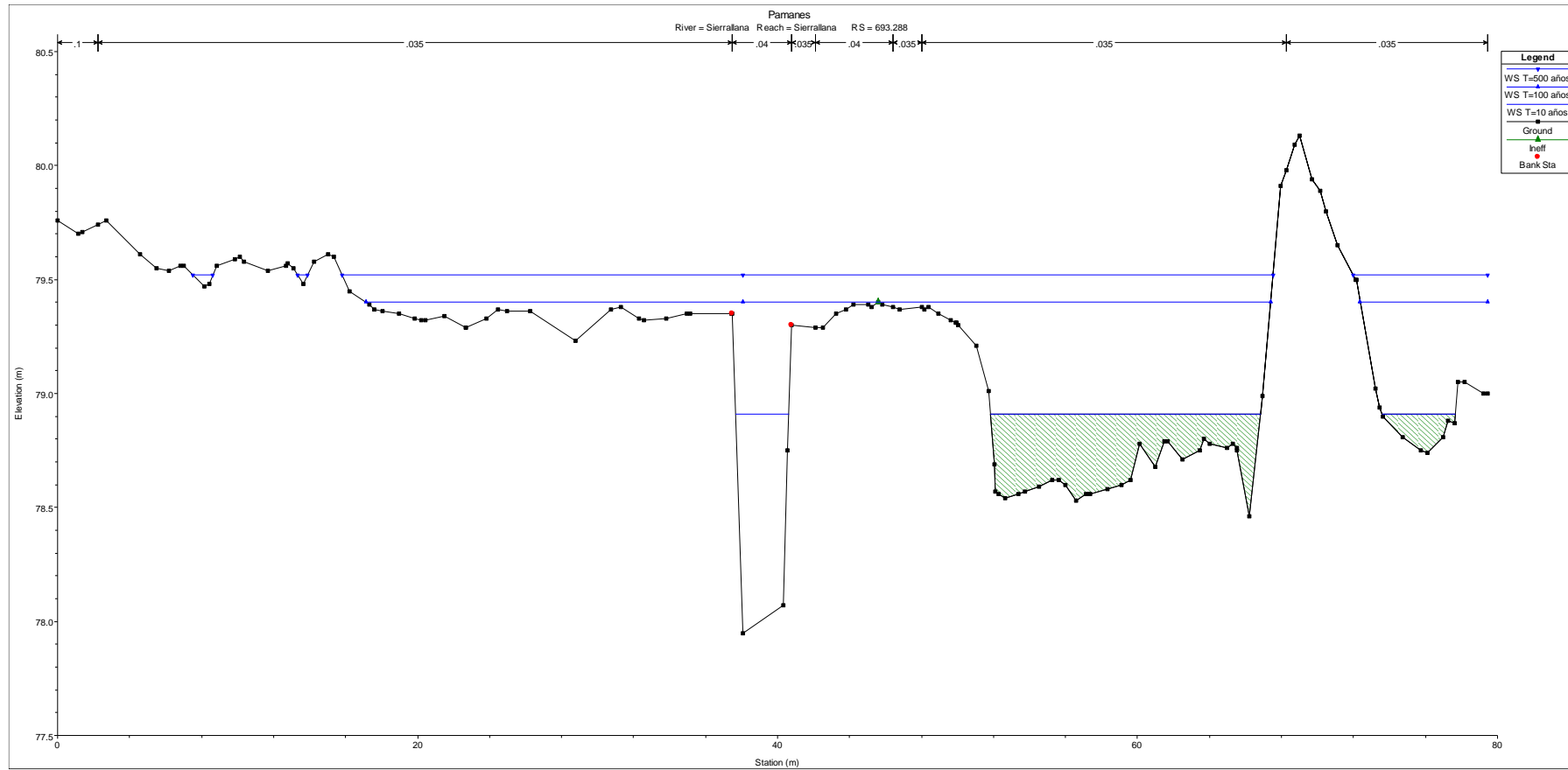


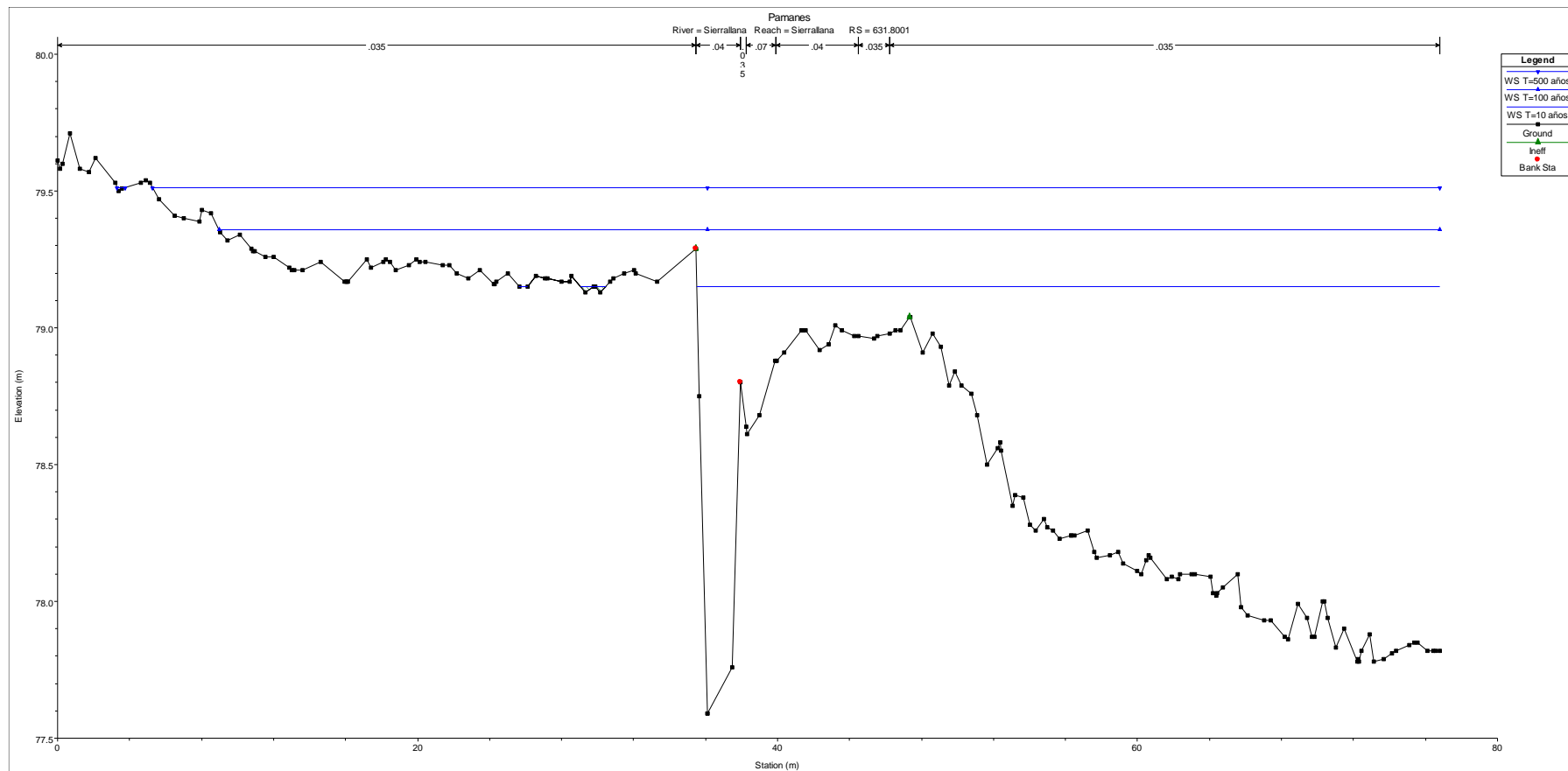


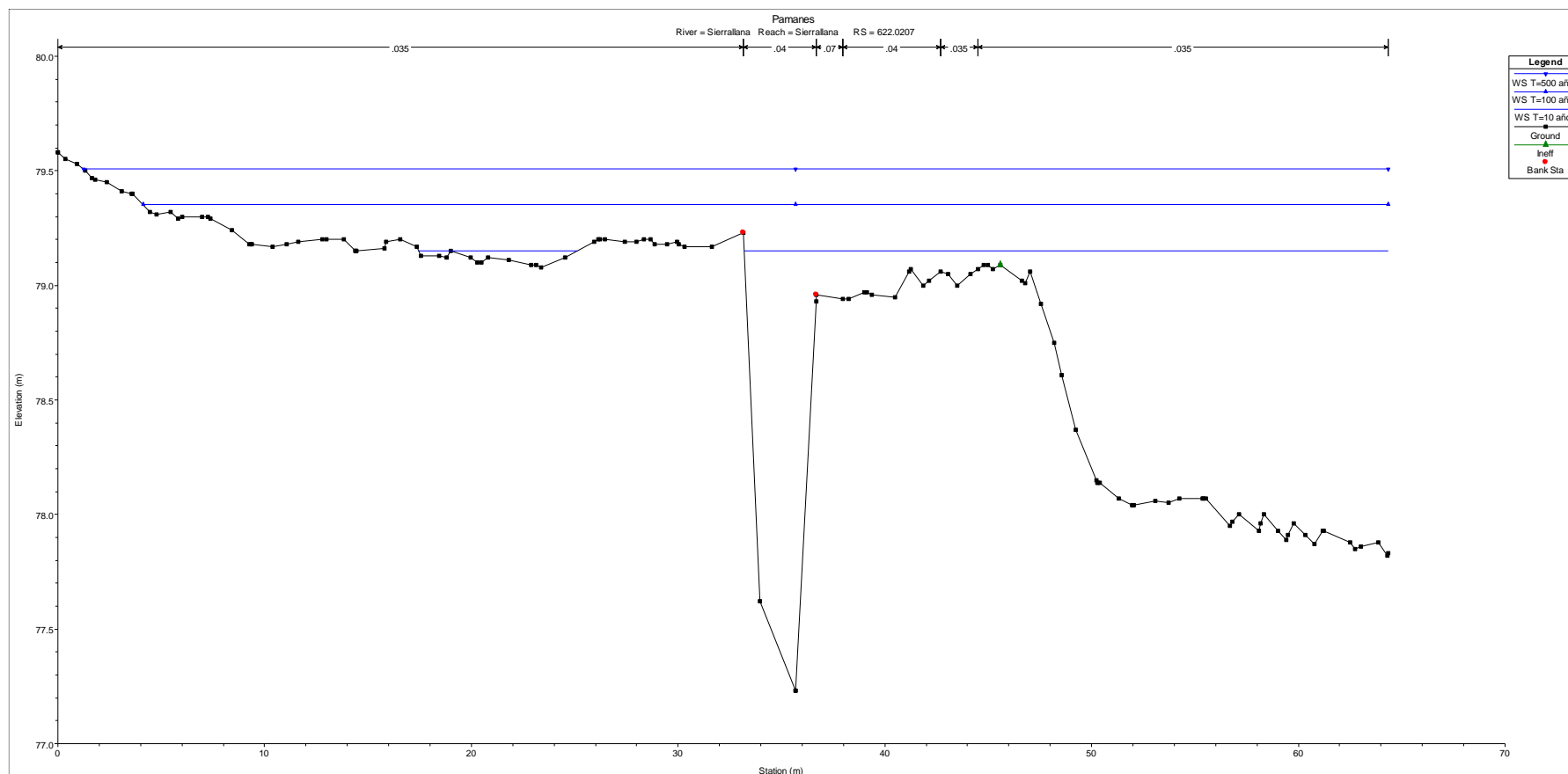


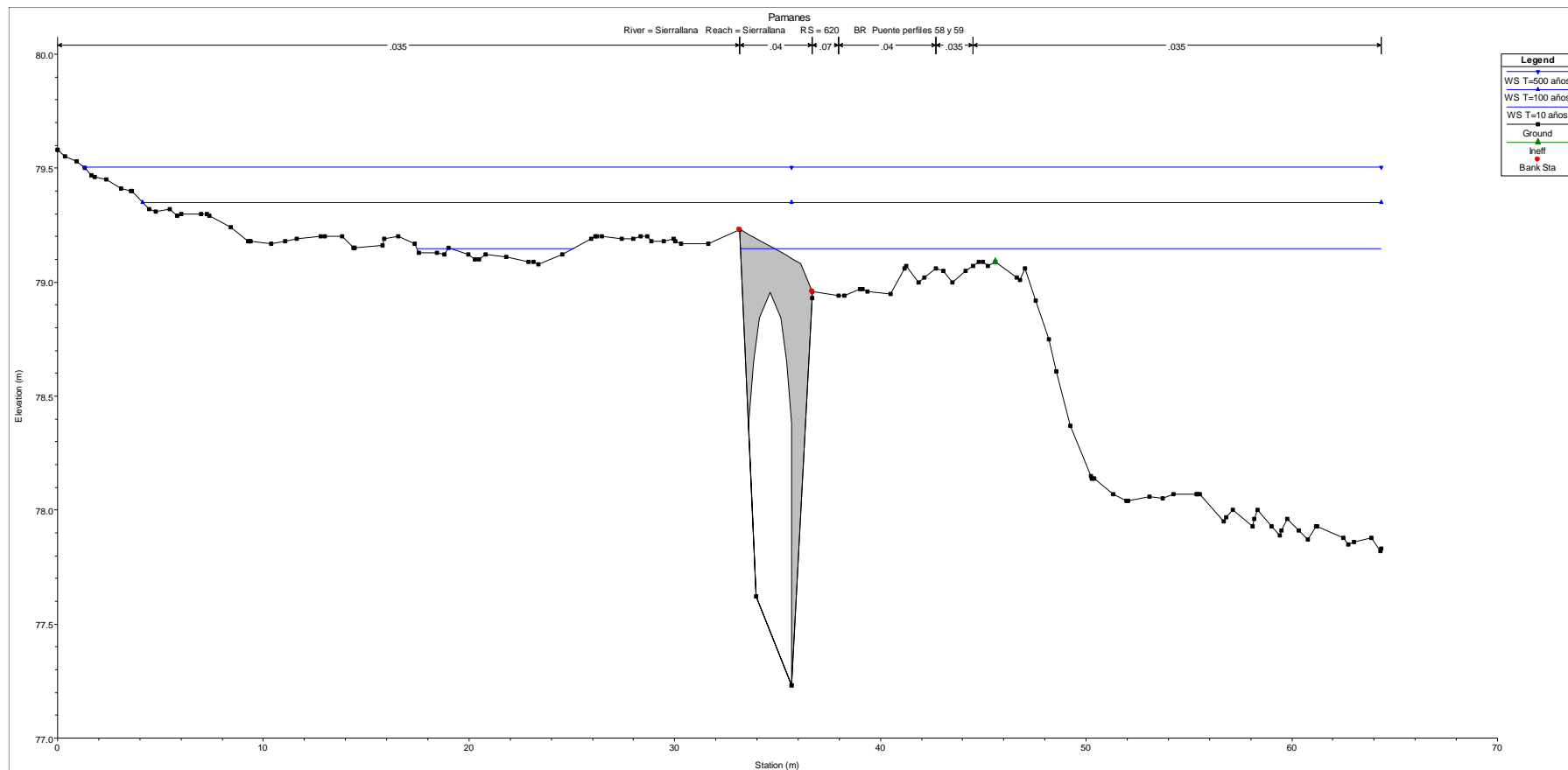


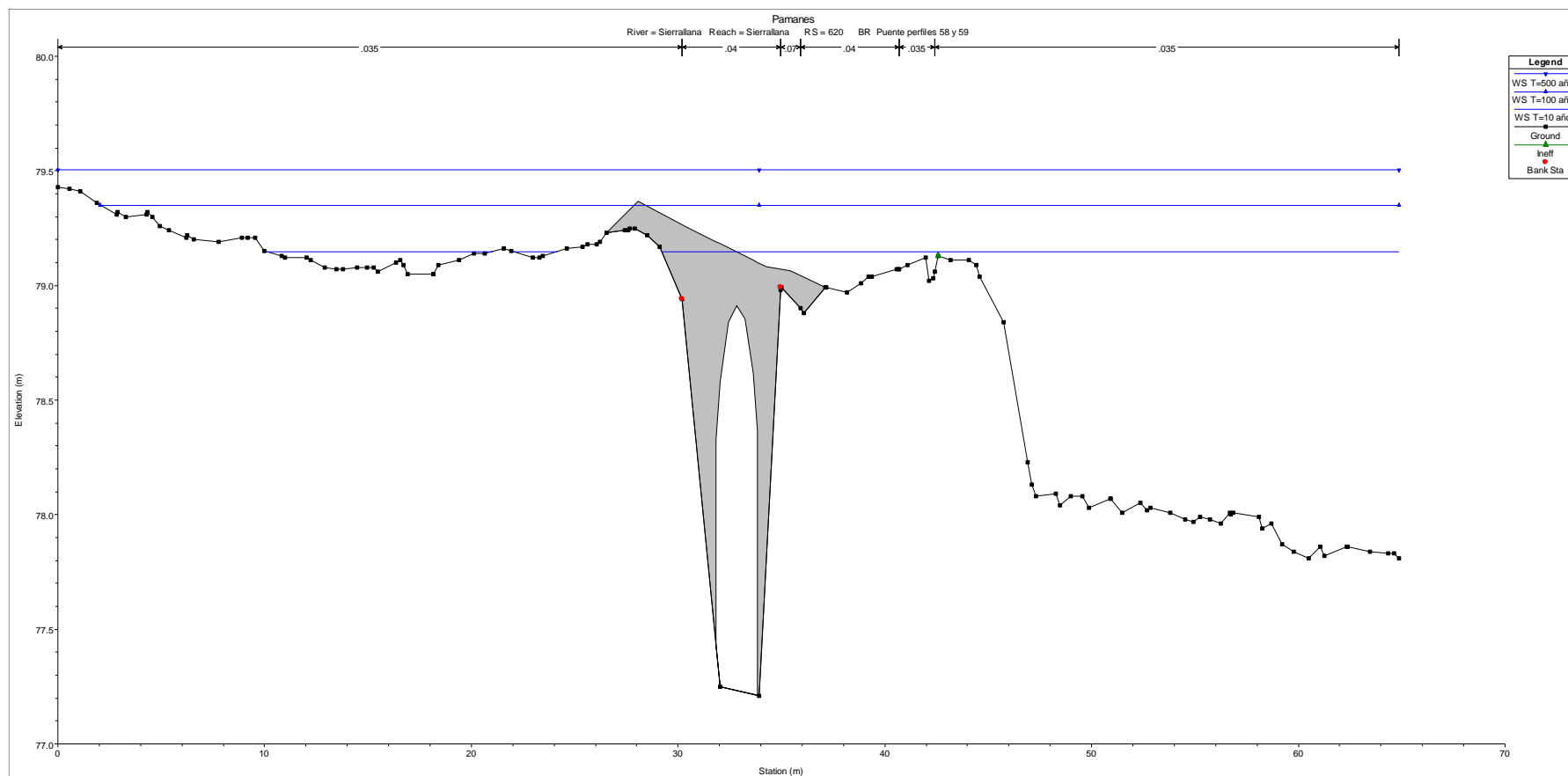


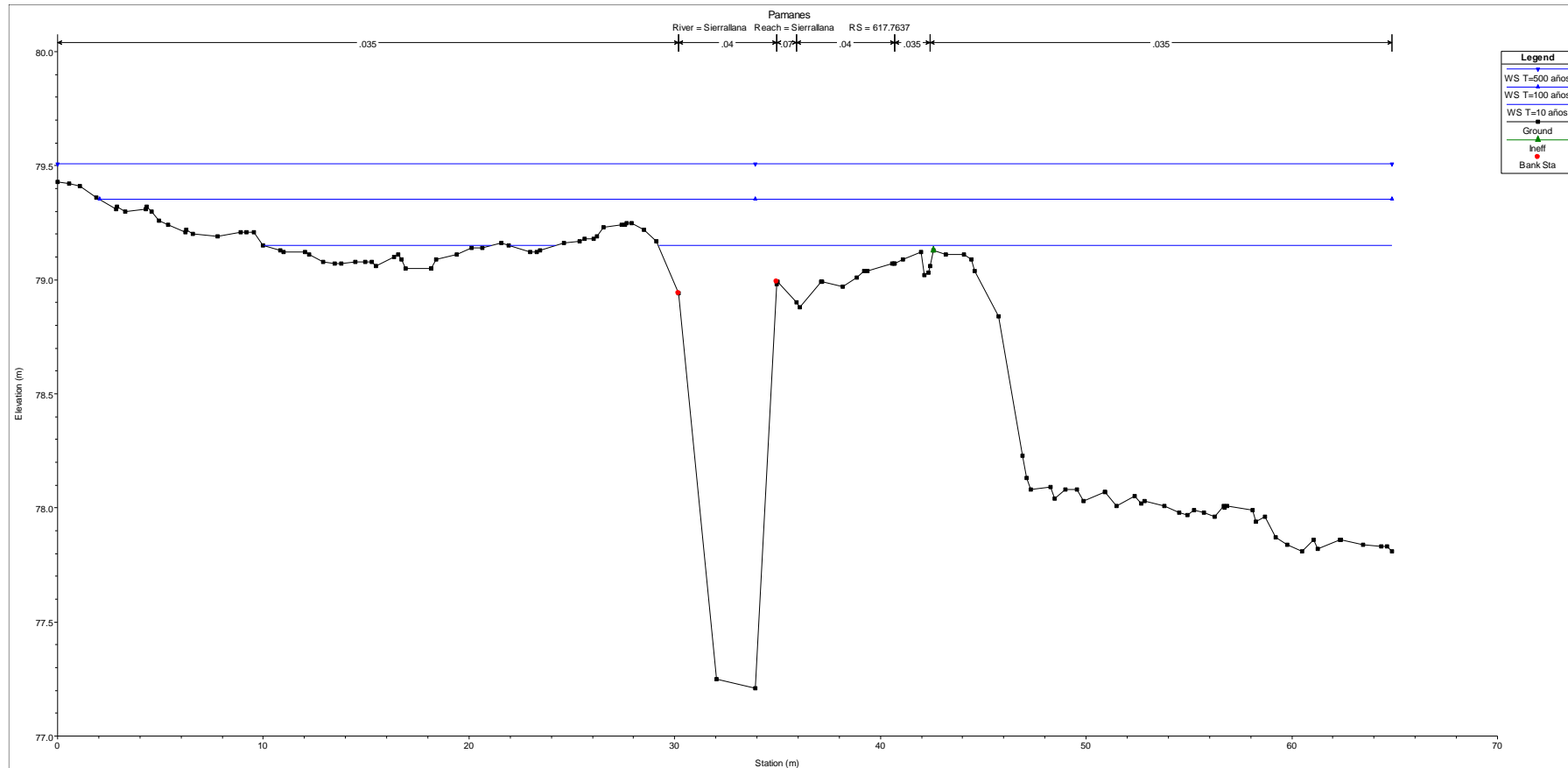


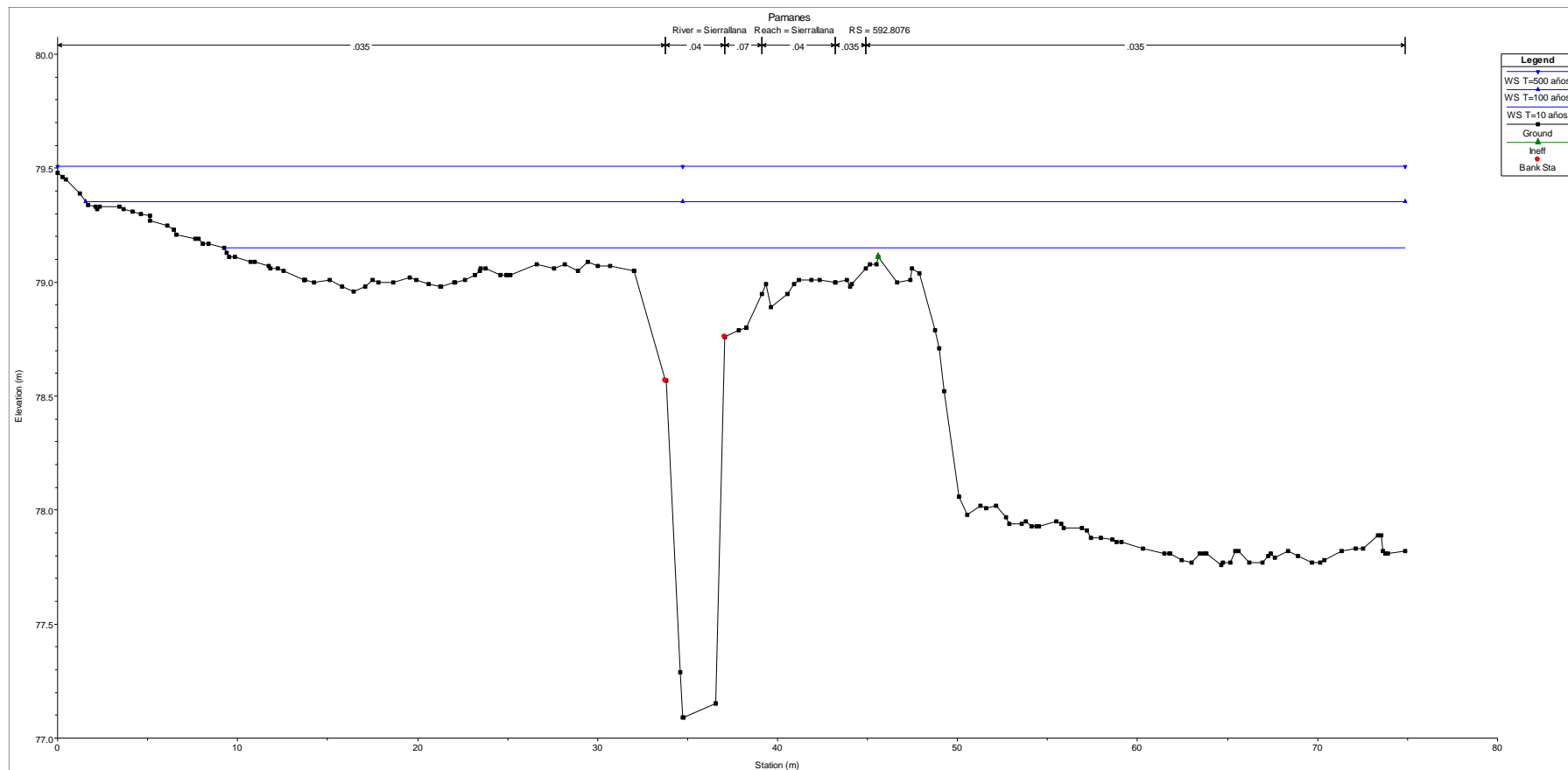


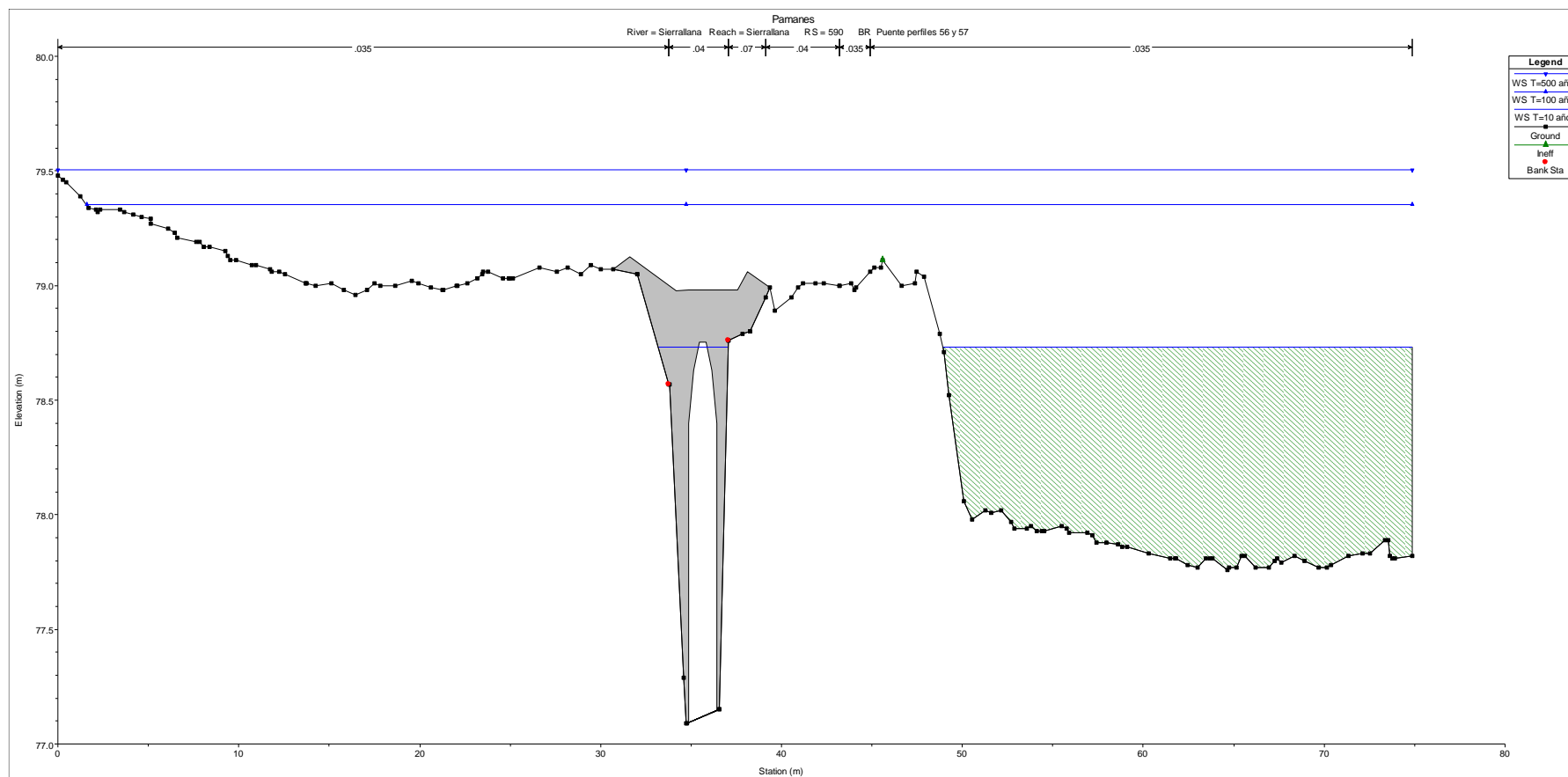


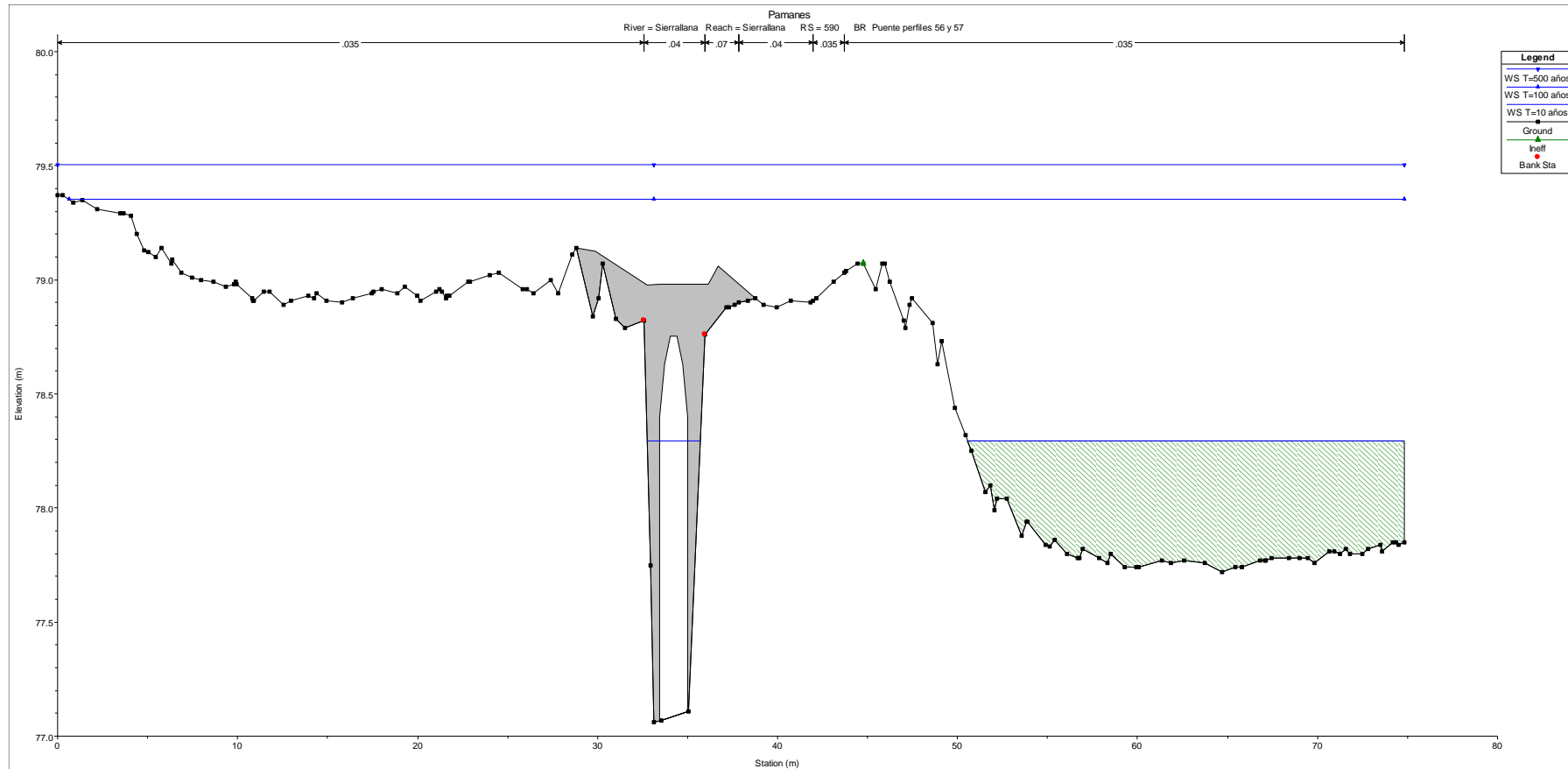


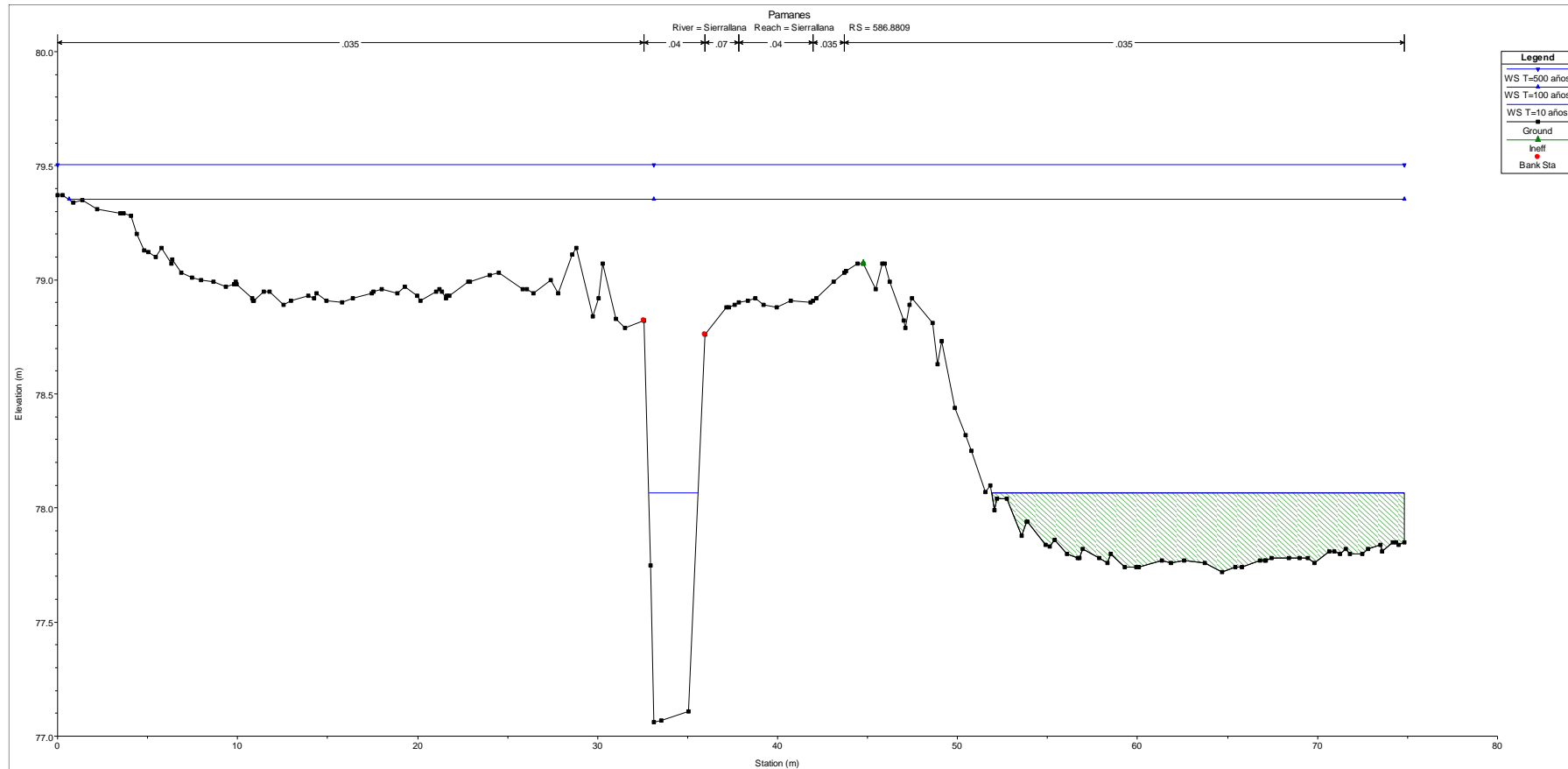


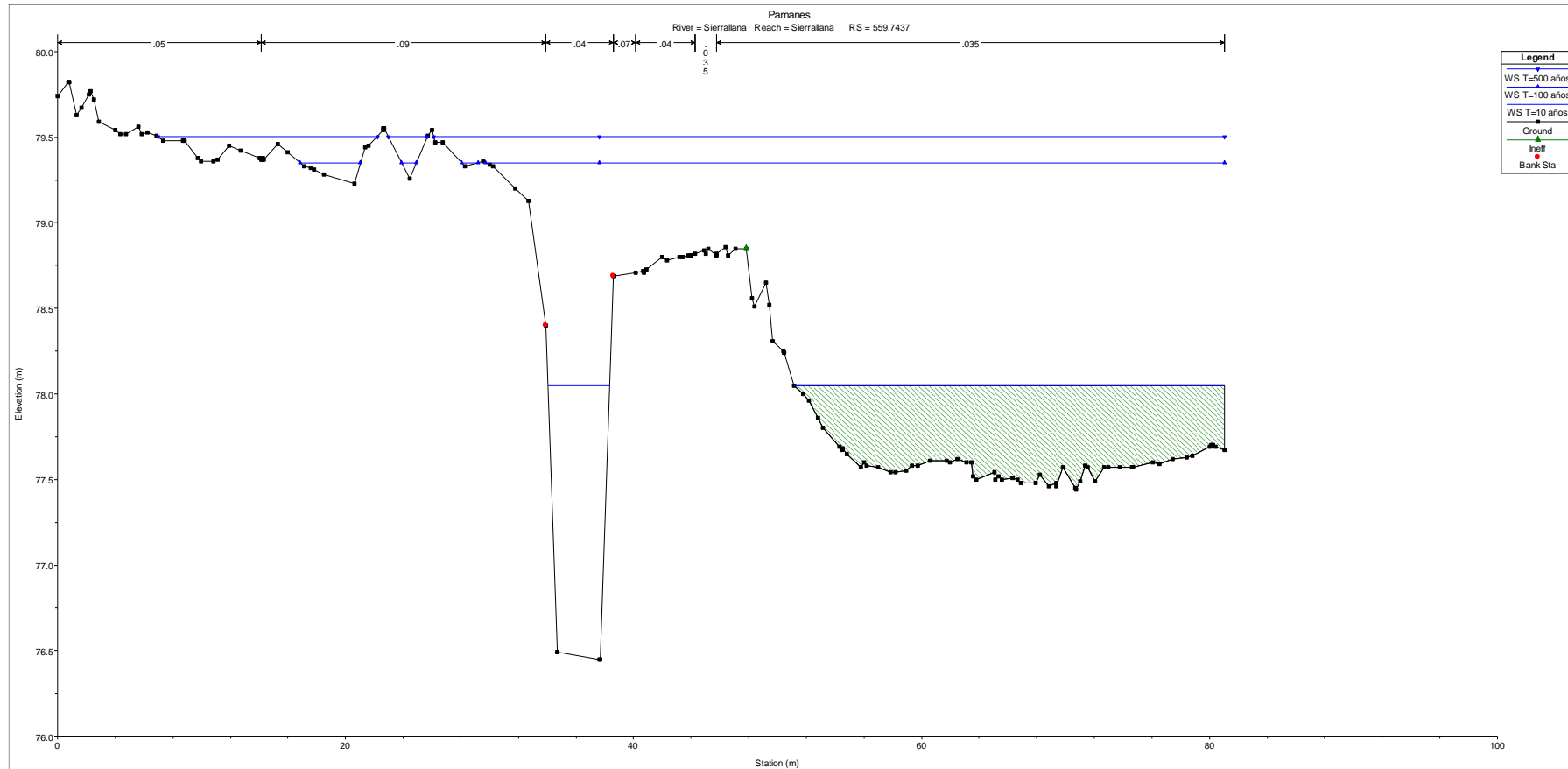


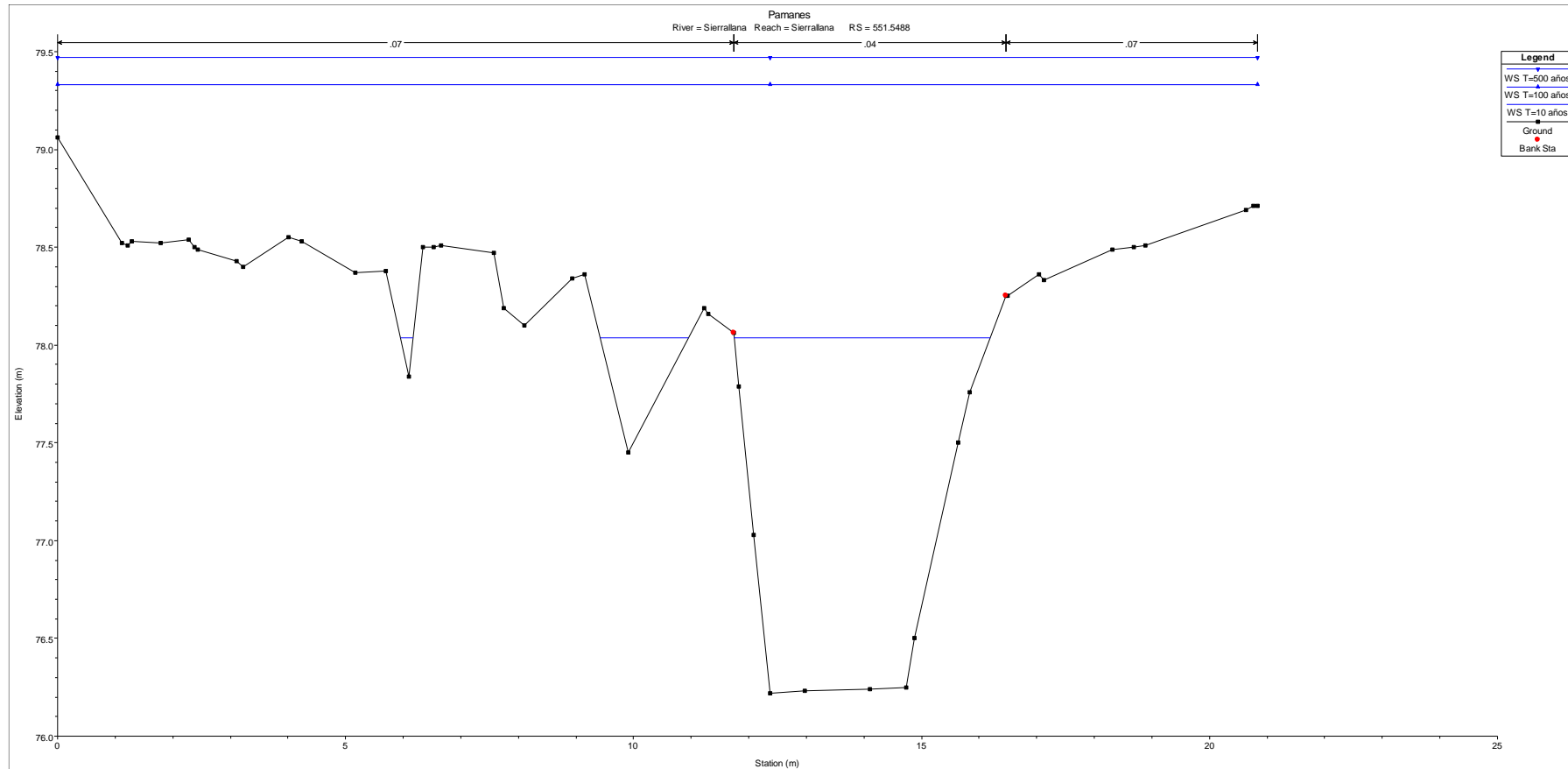


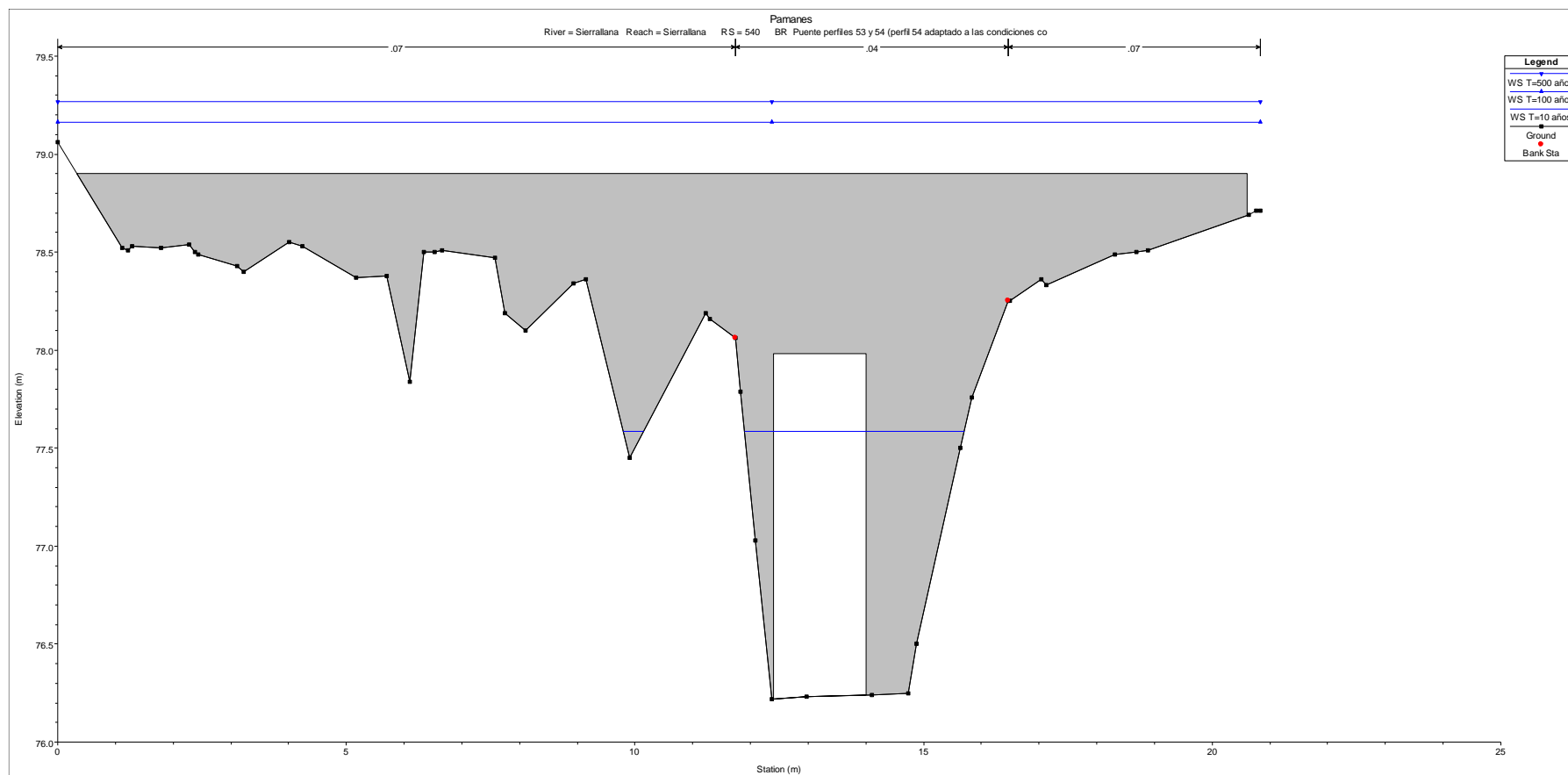


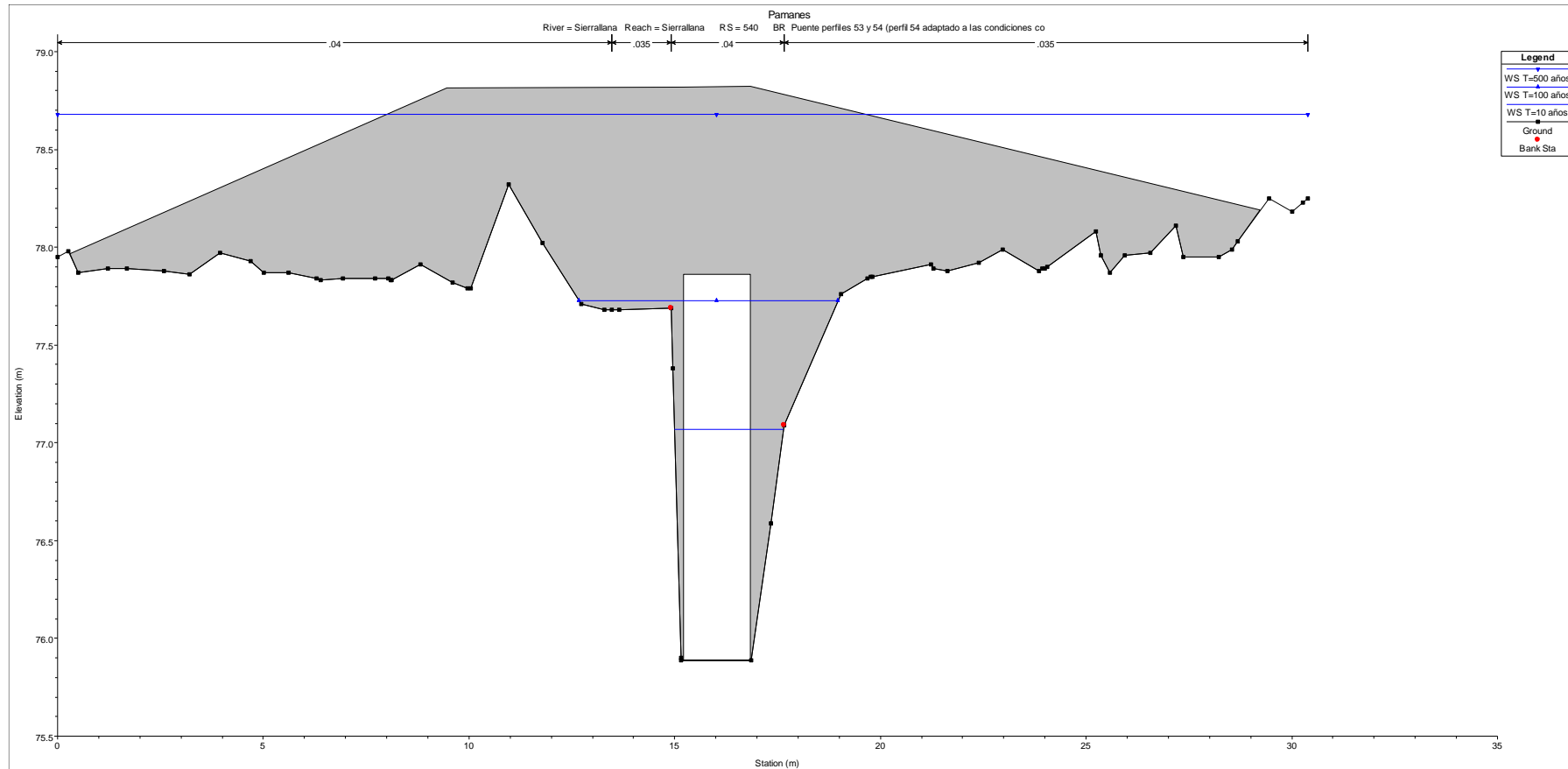


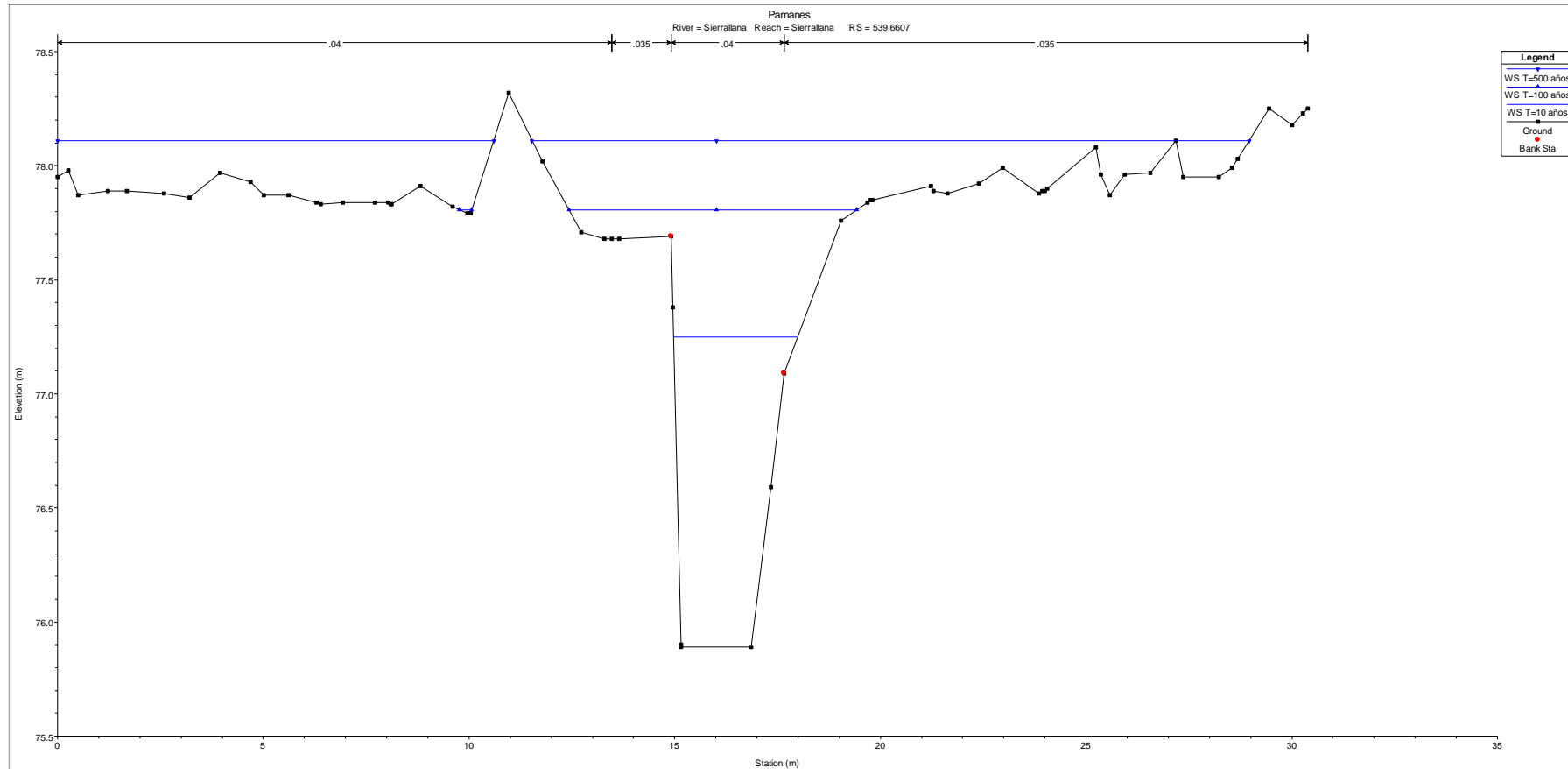


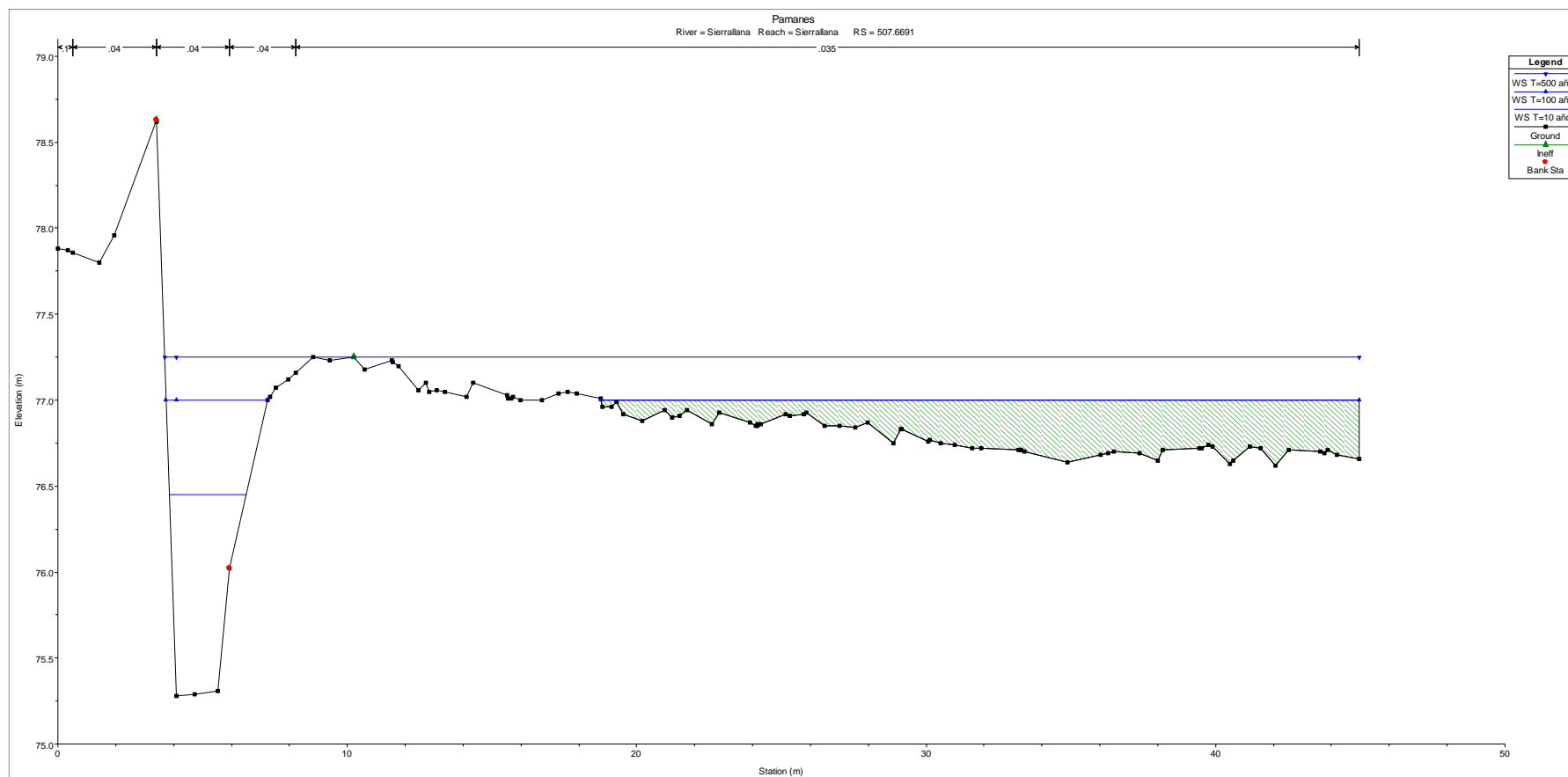


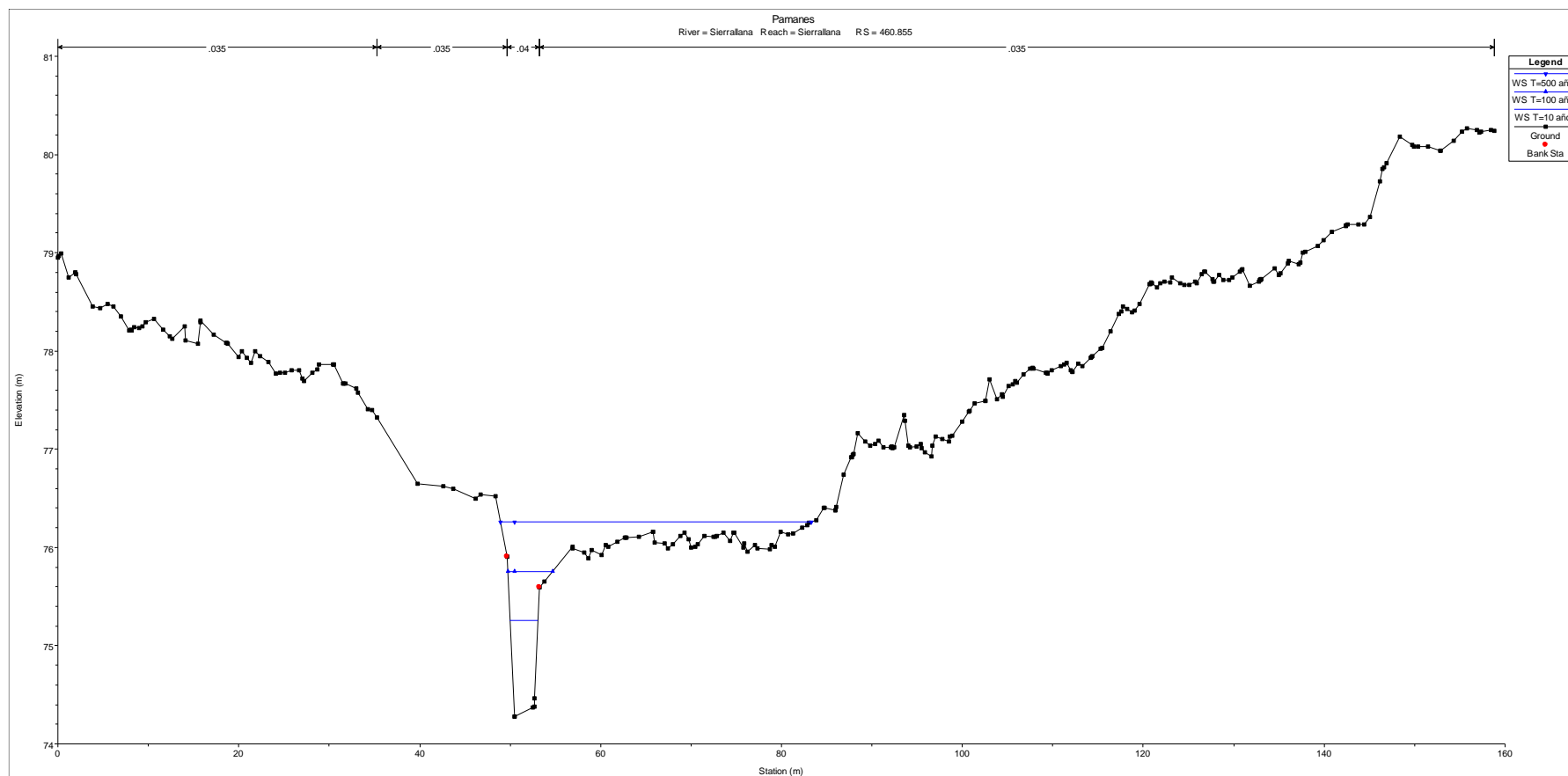


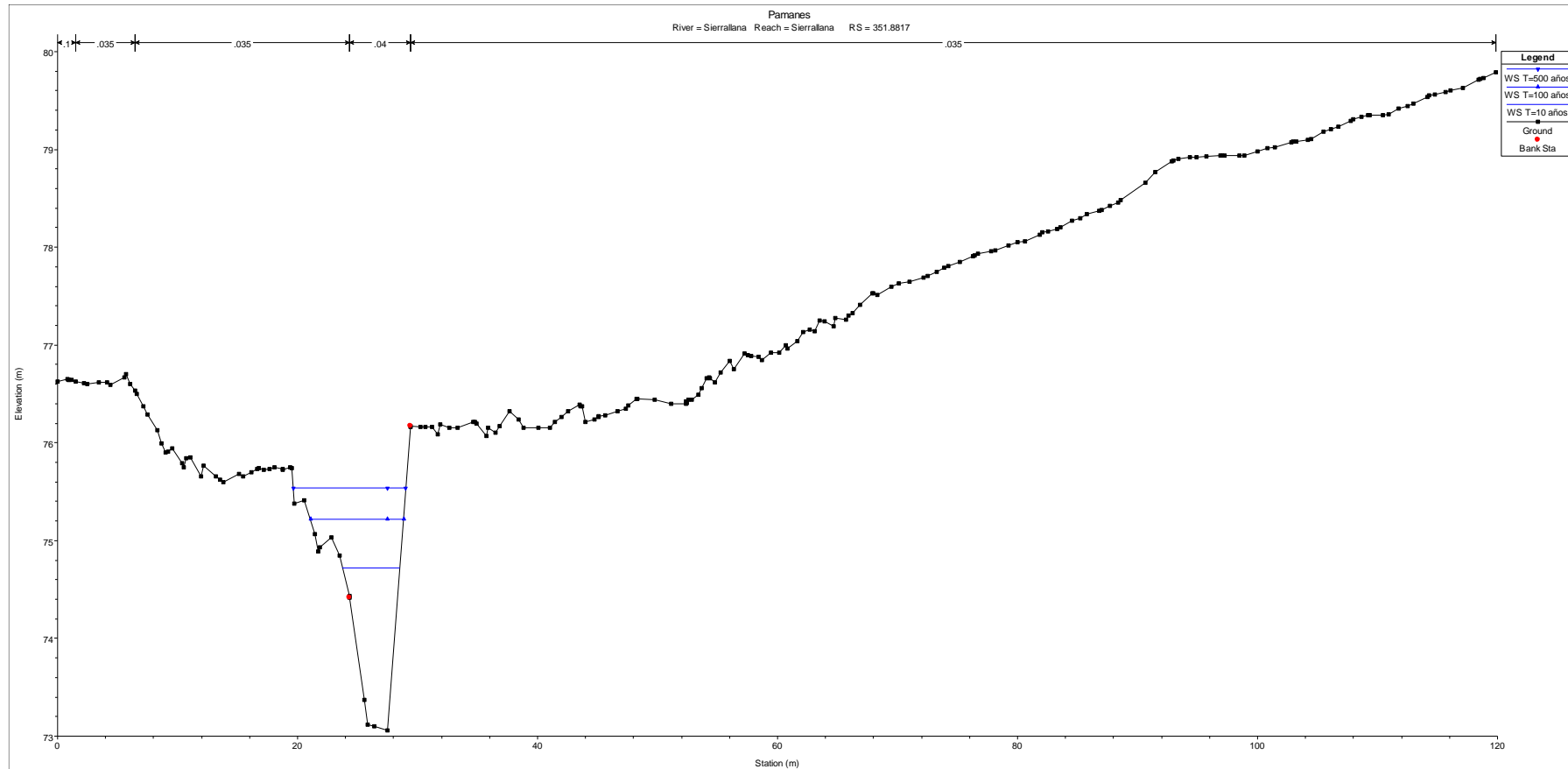


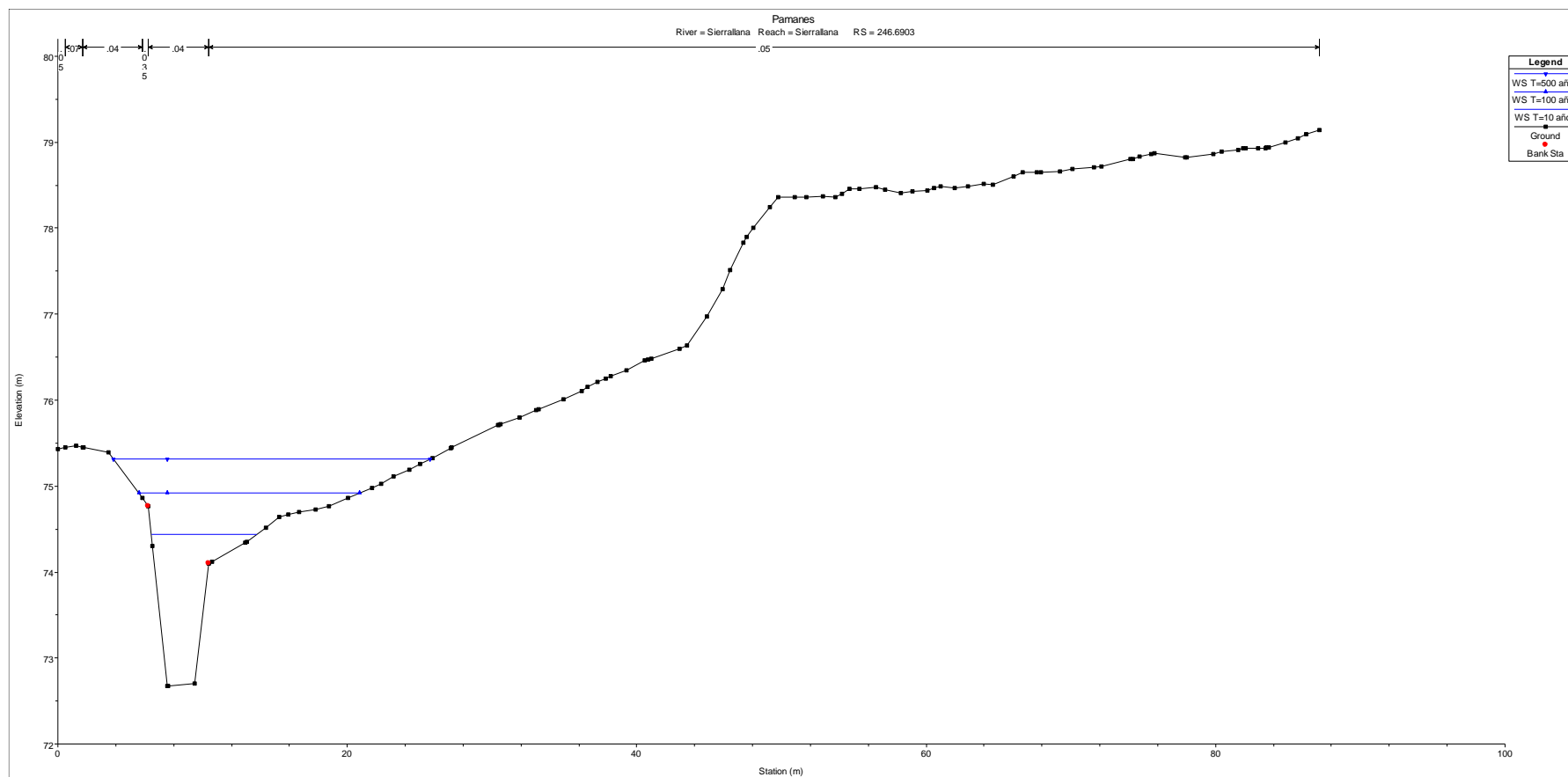


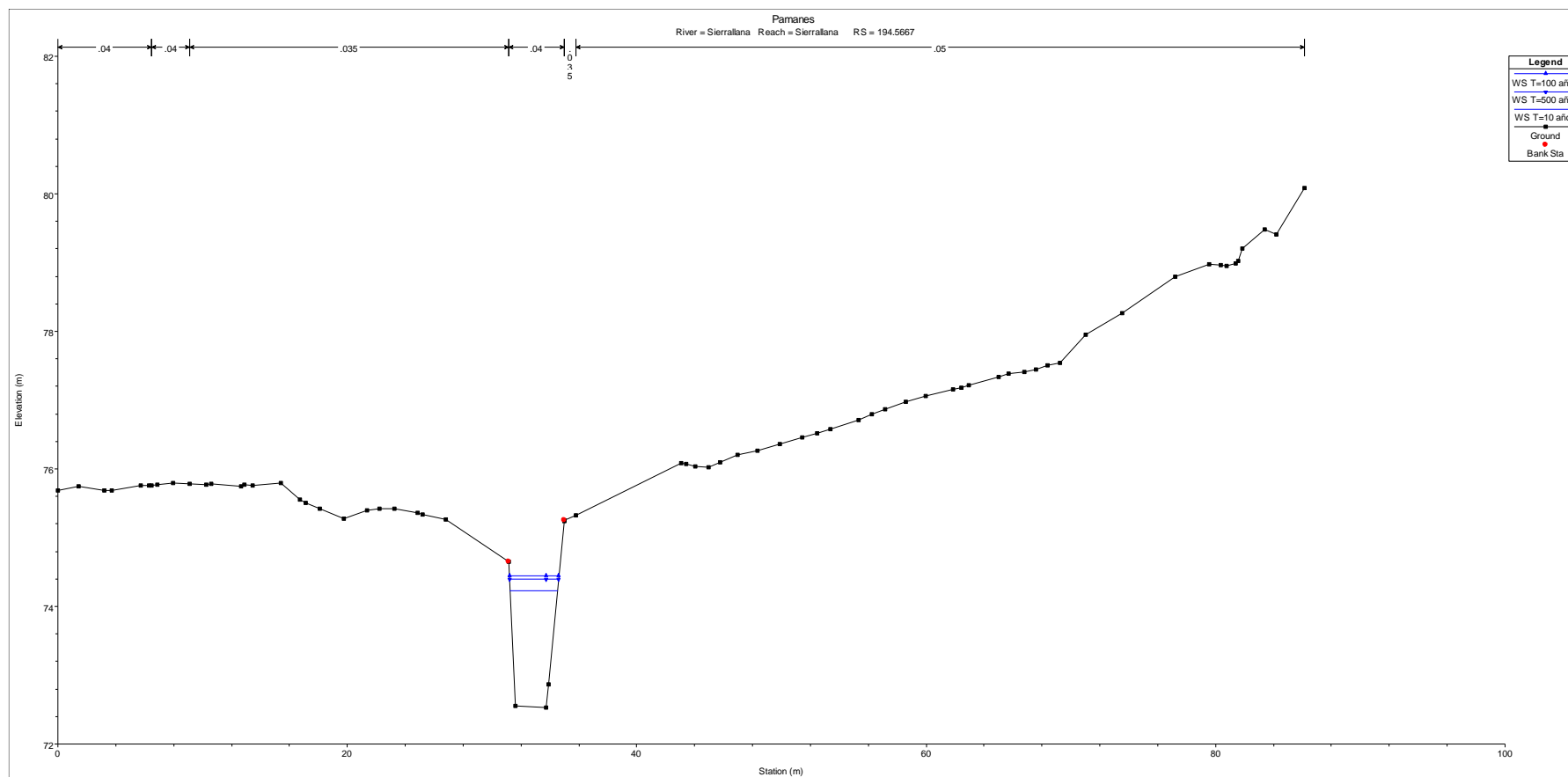


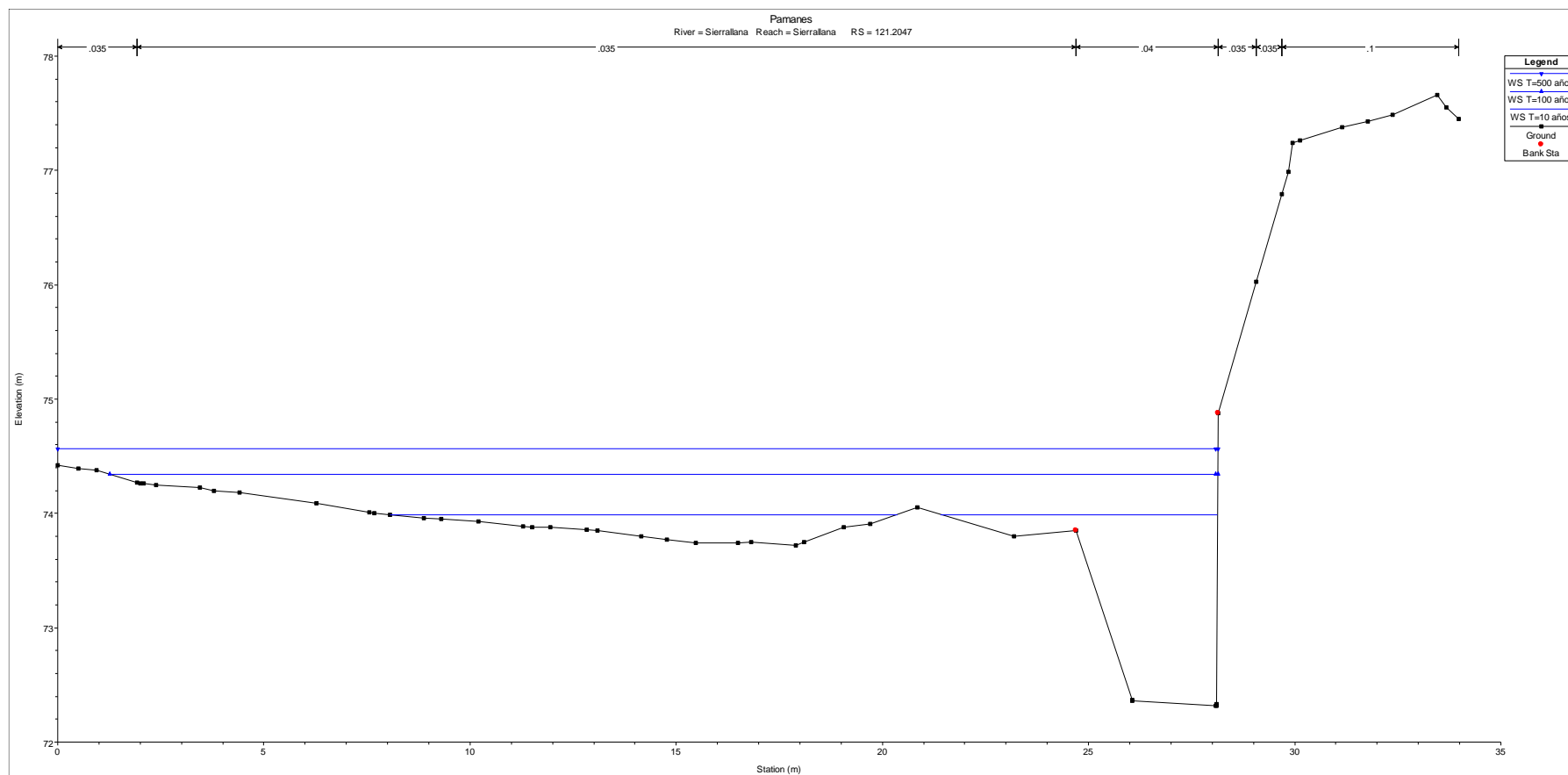


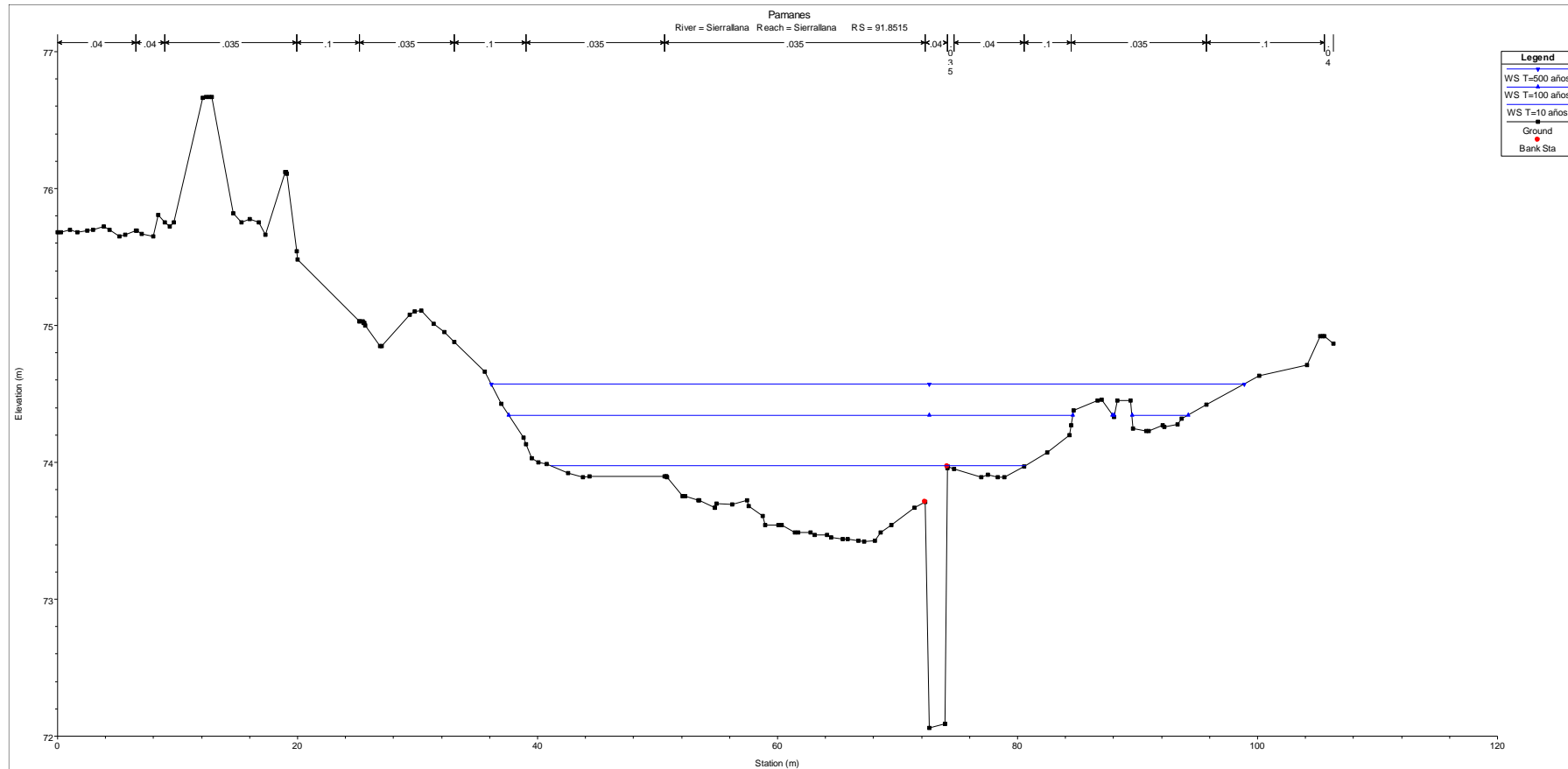


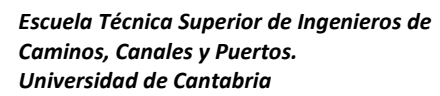




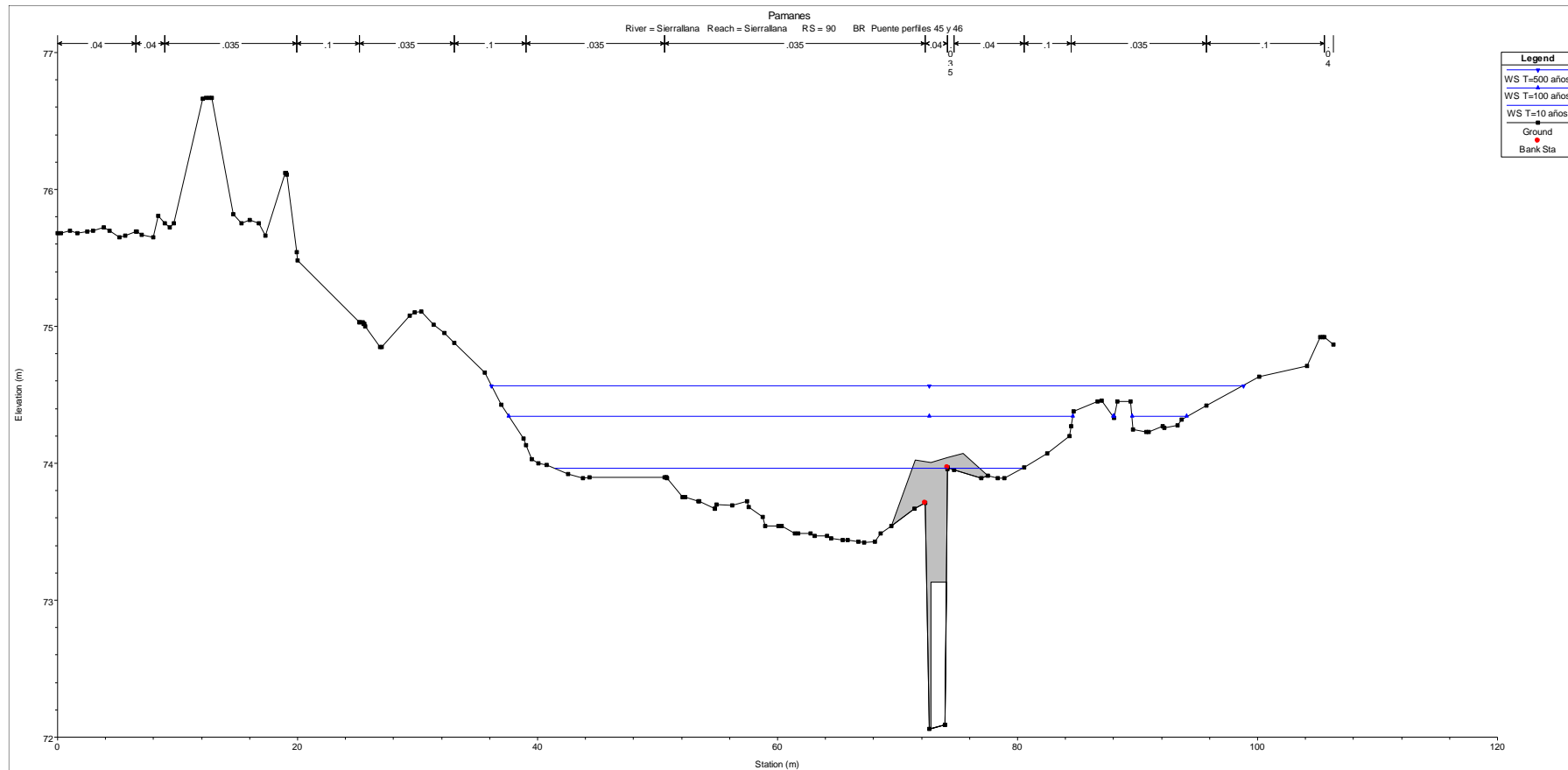


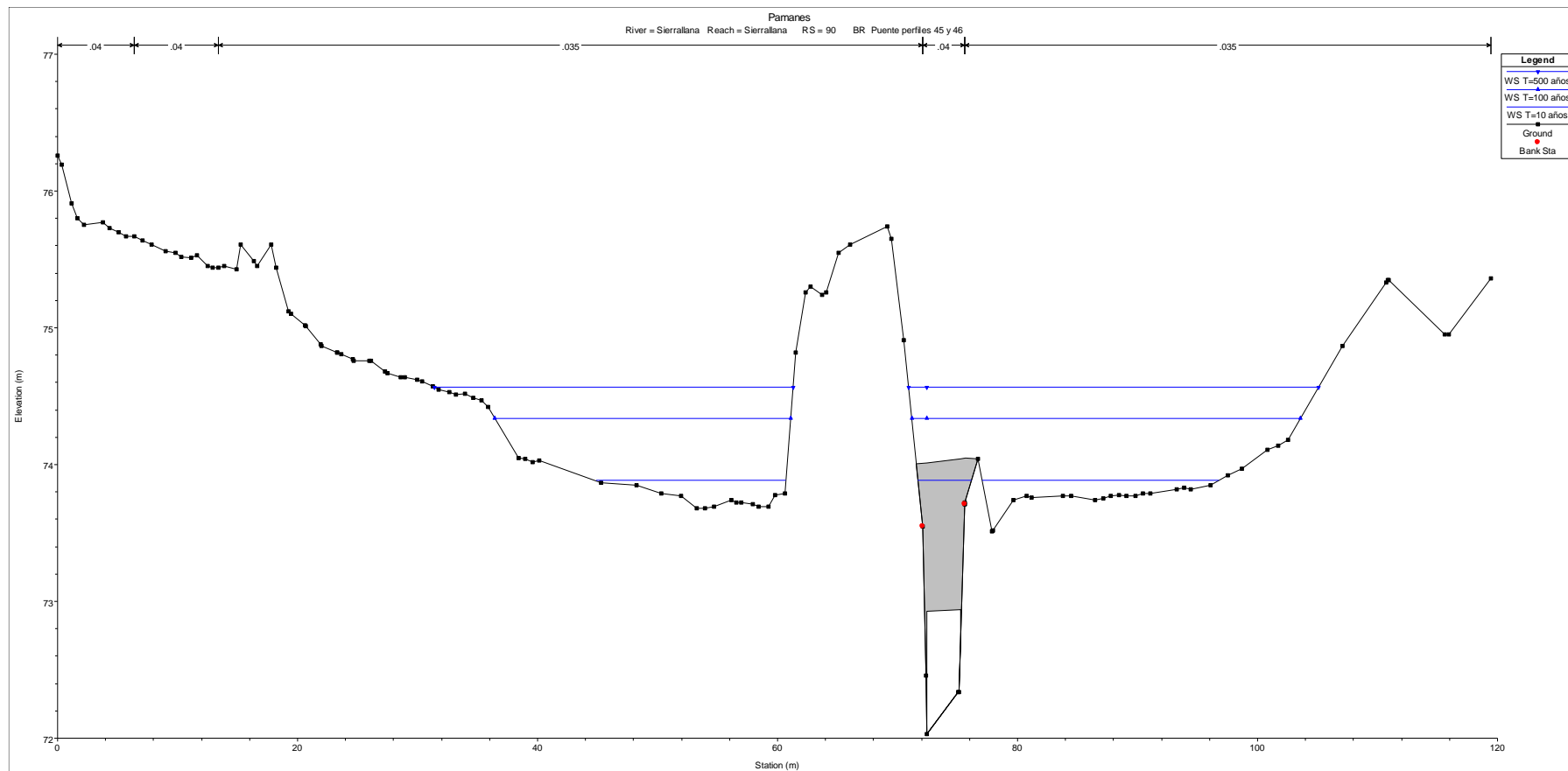


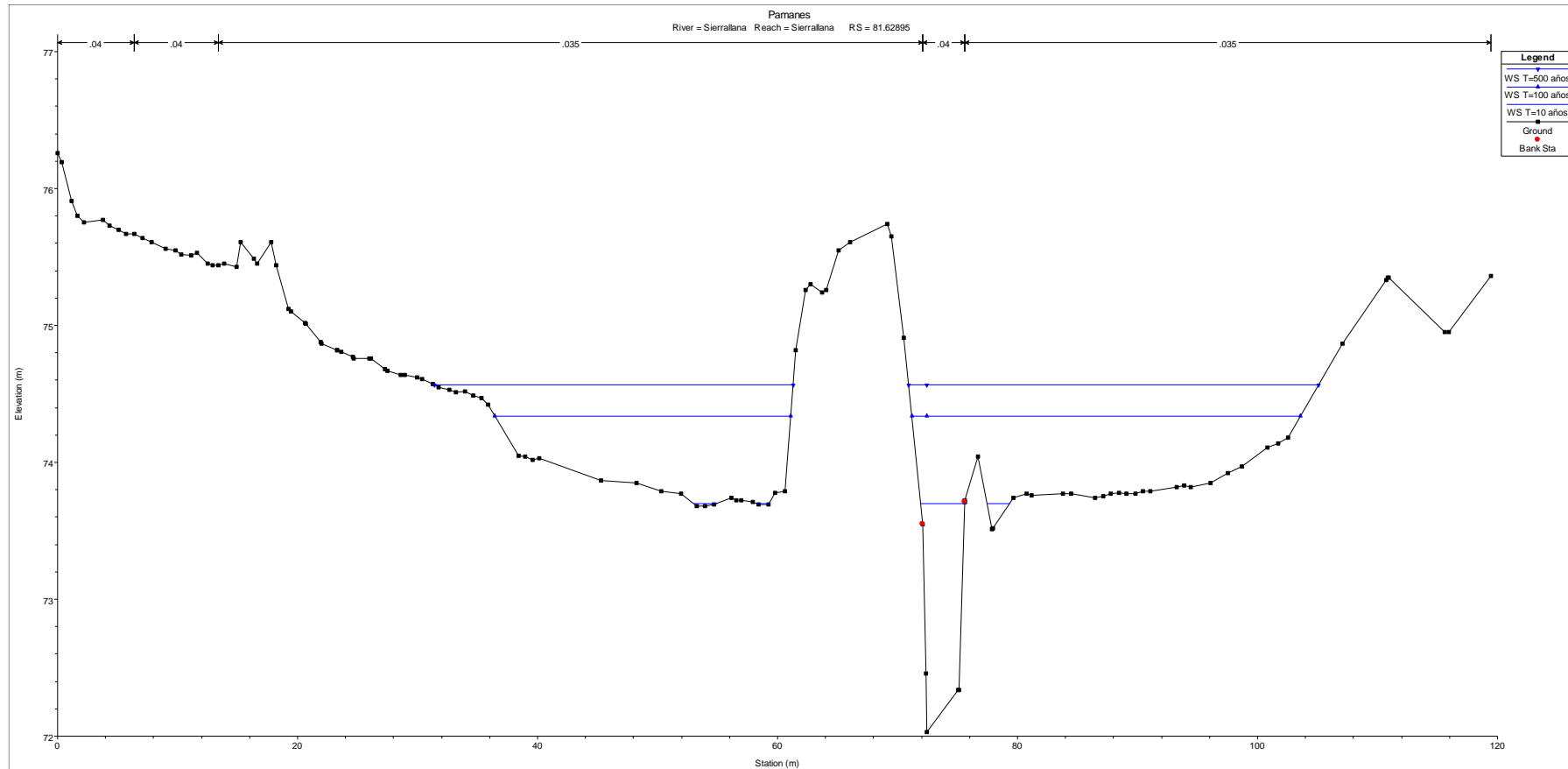


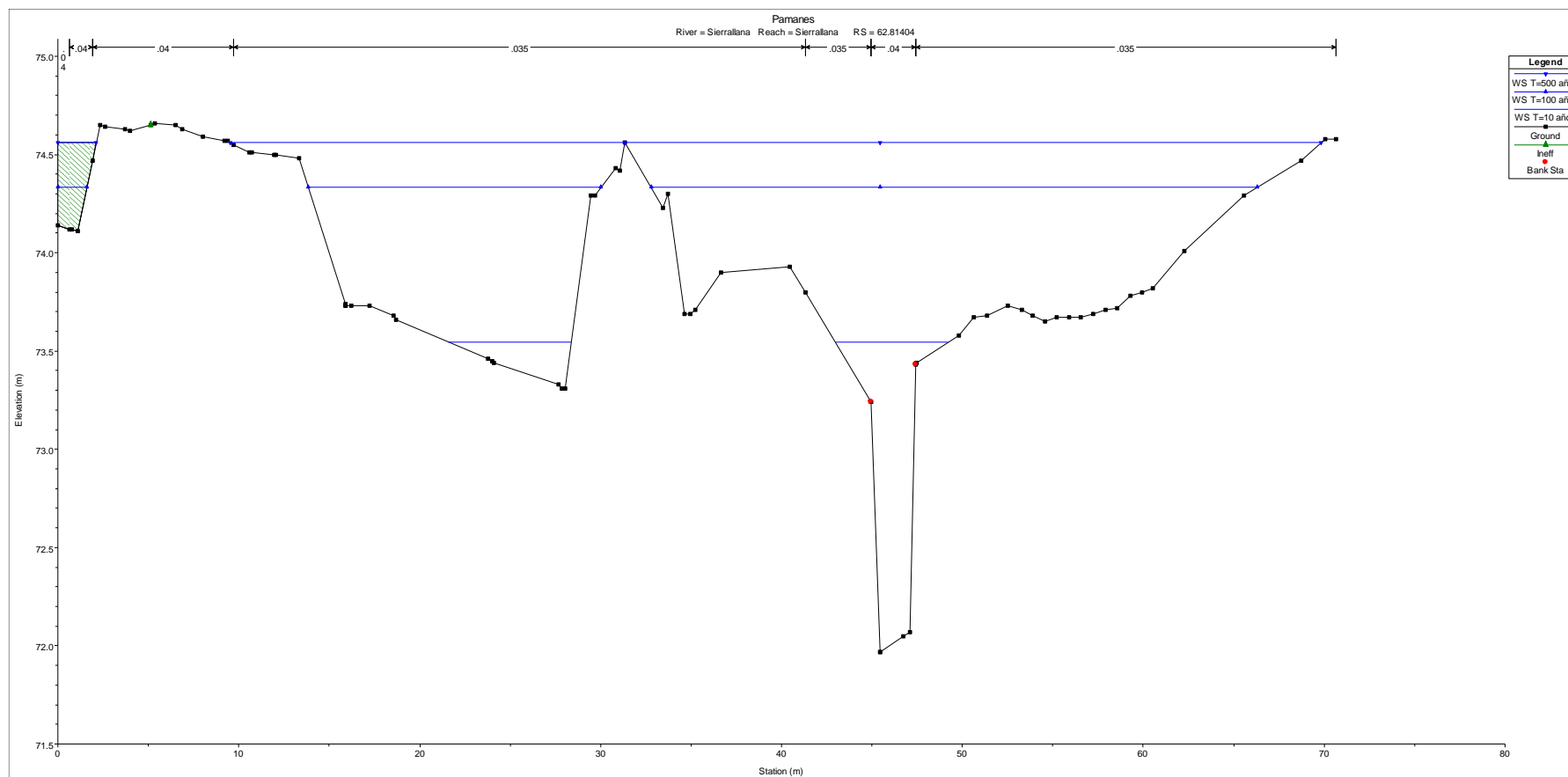


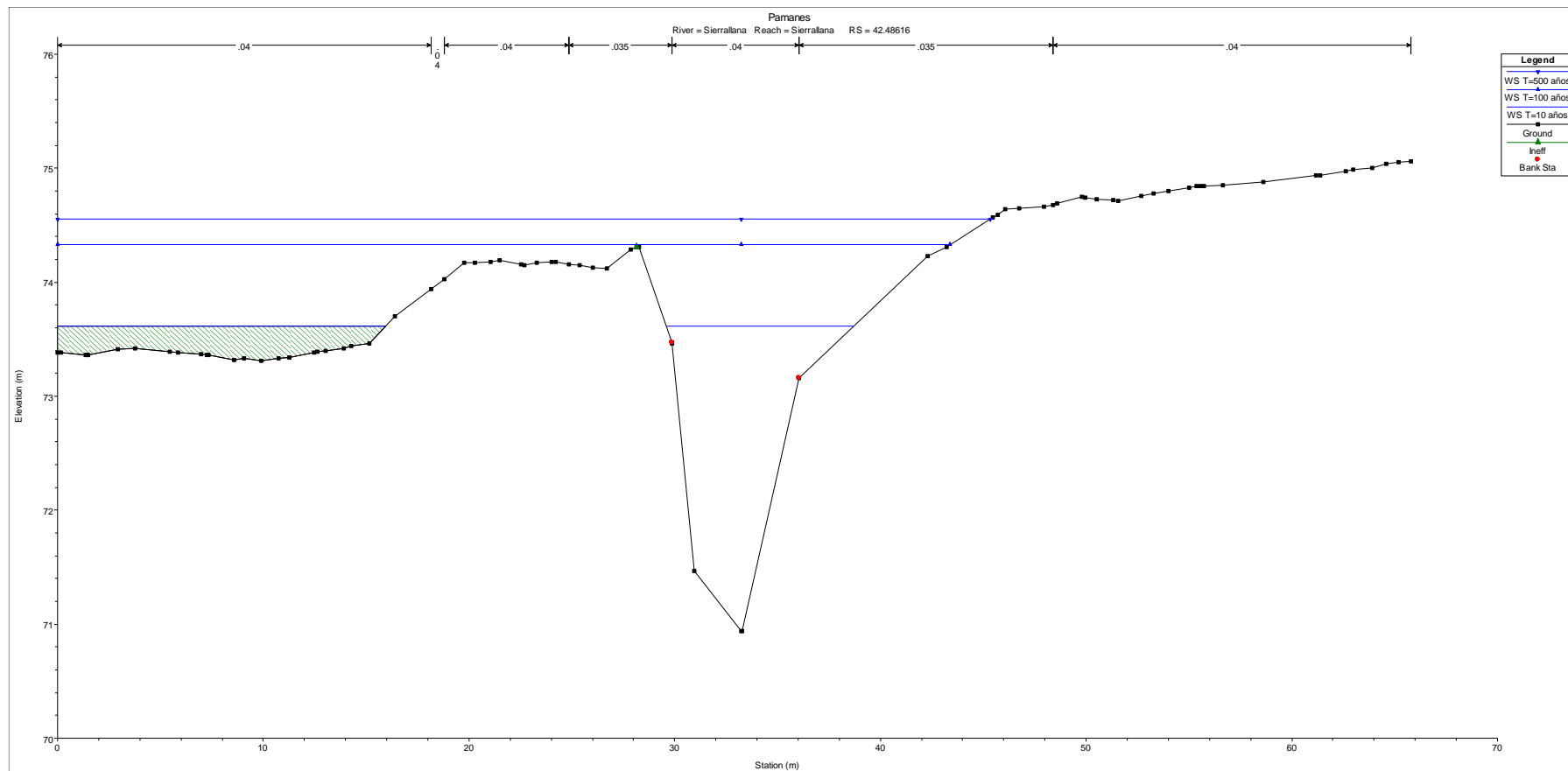
Modelización hidráulica a partir de datos LiDAR en el río Pámanes

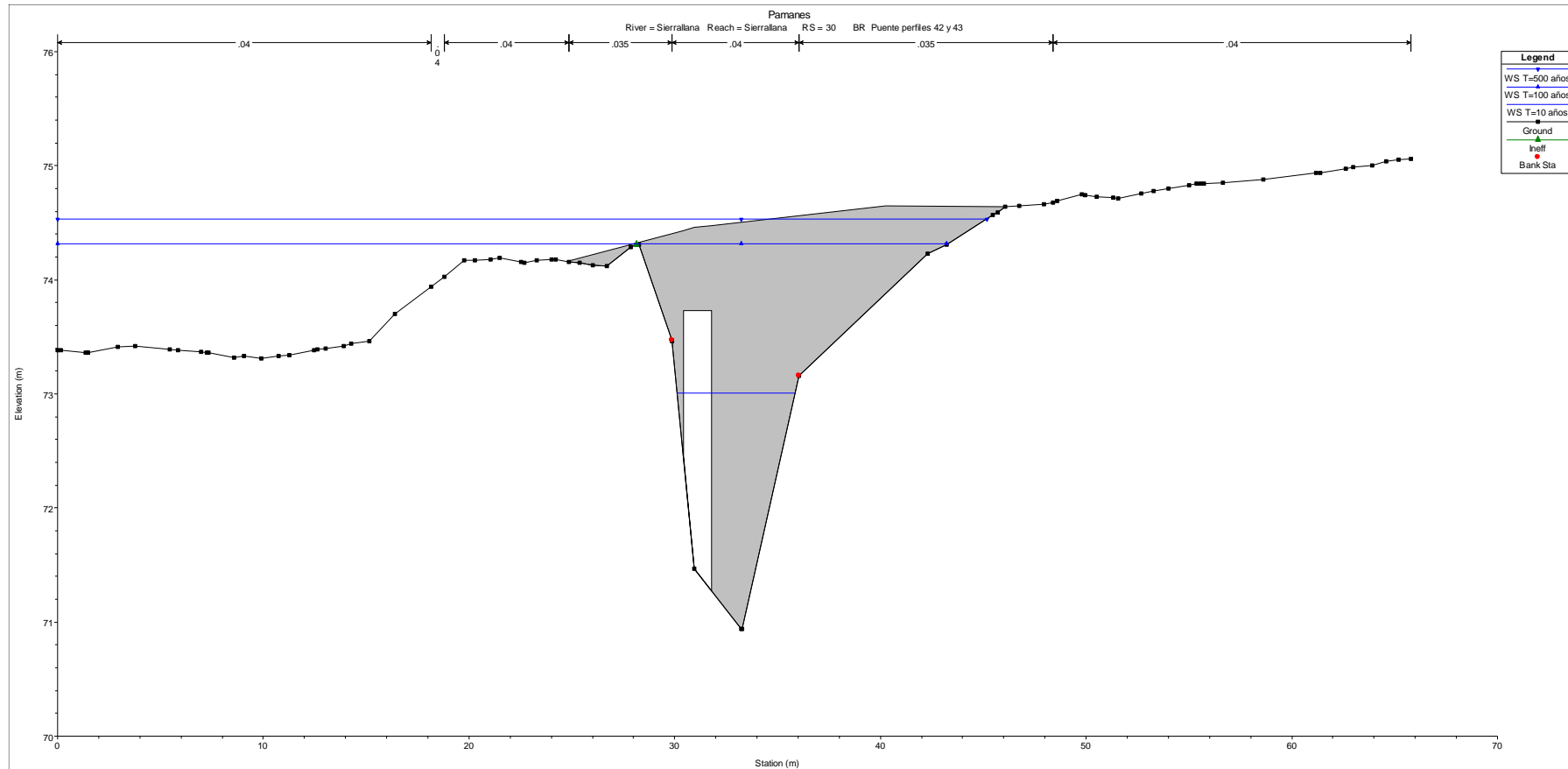


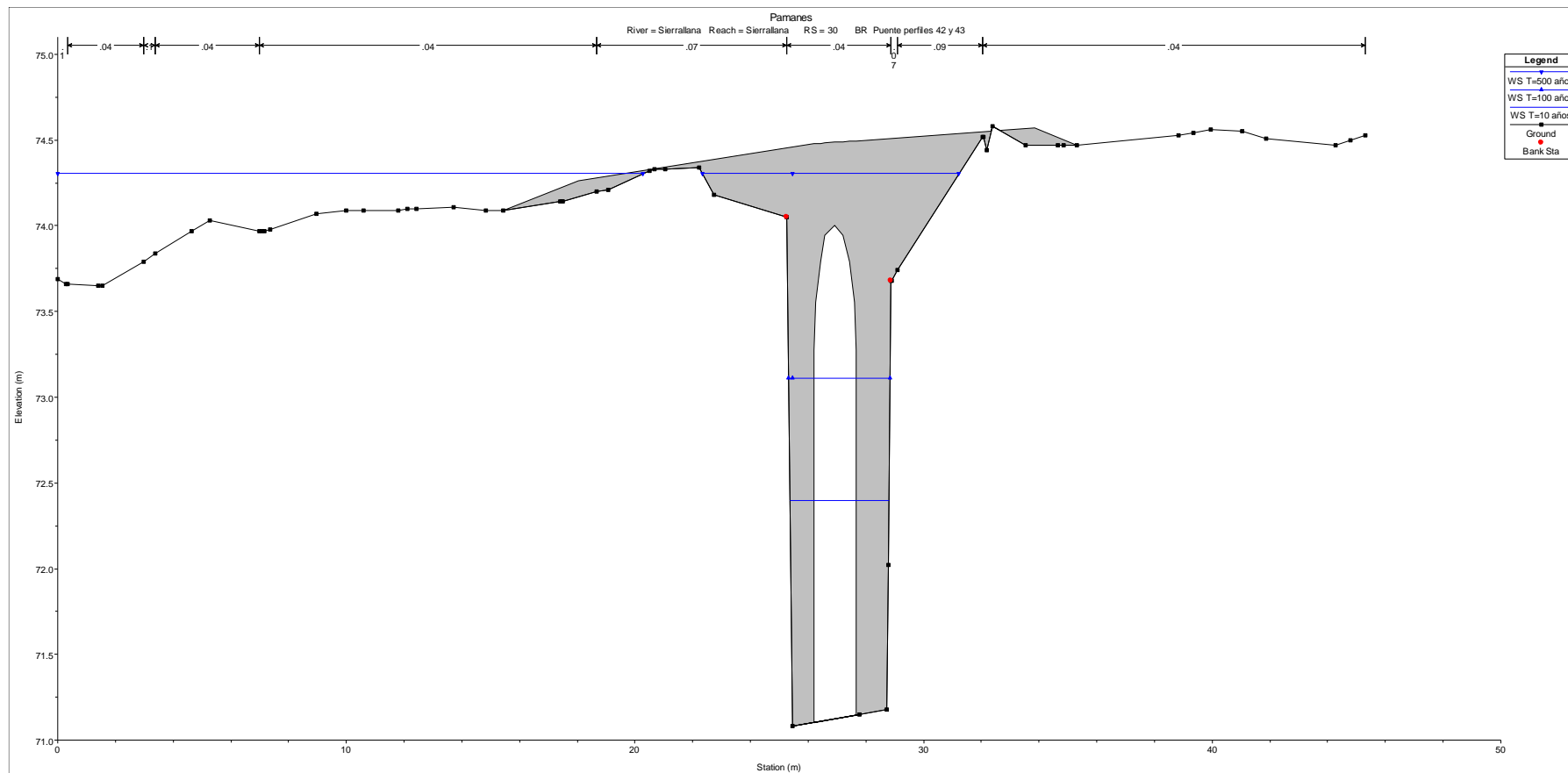


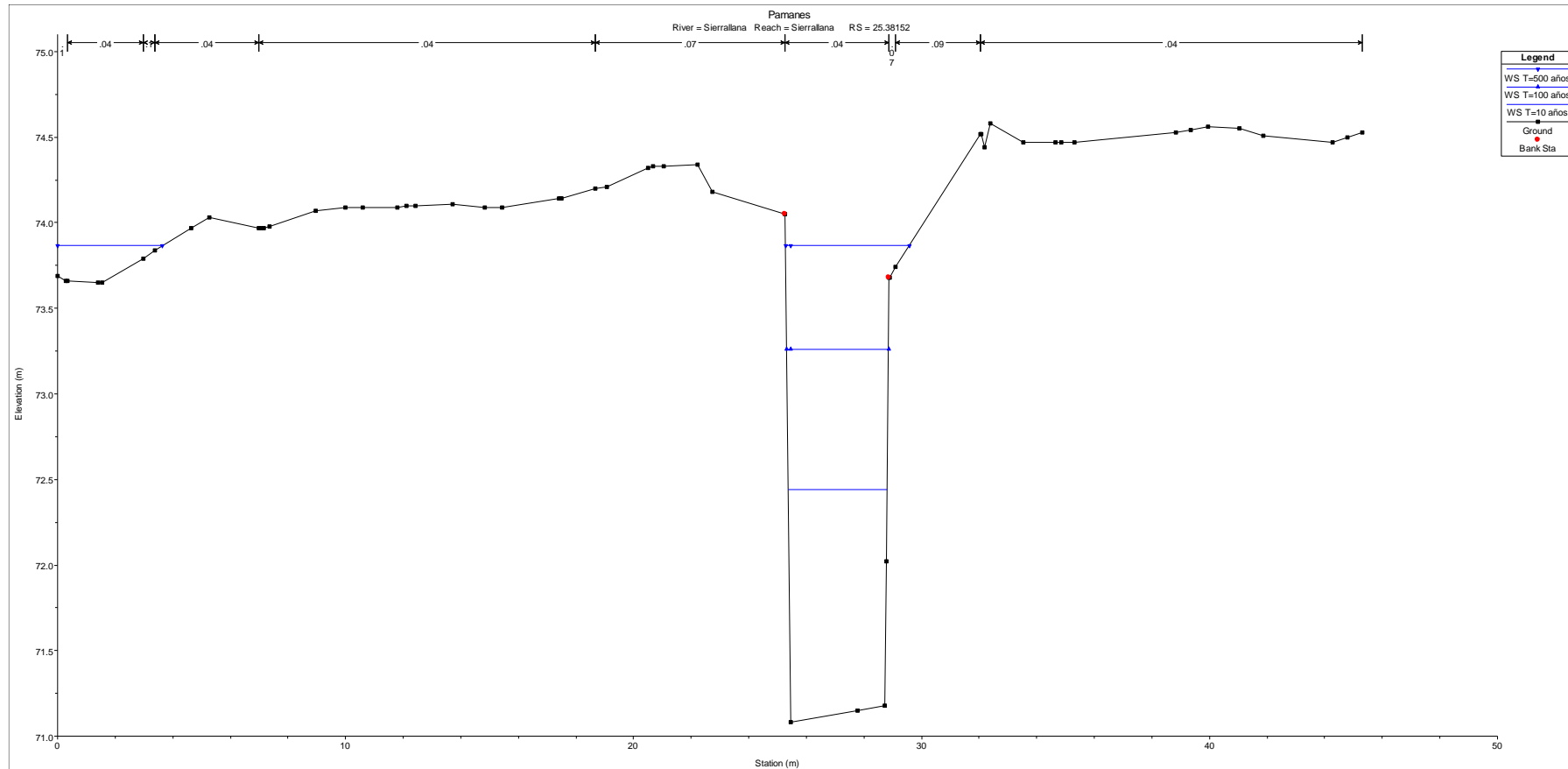


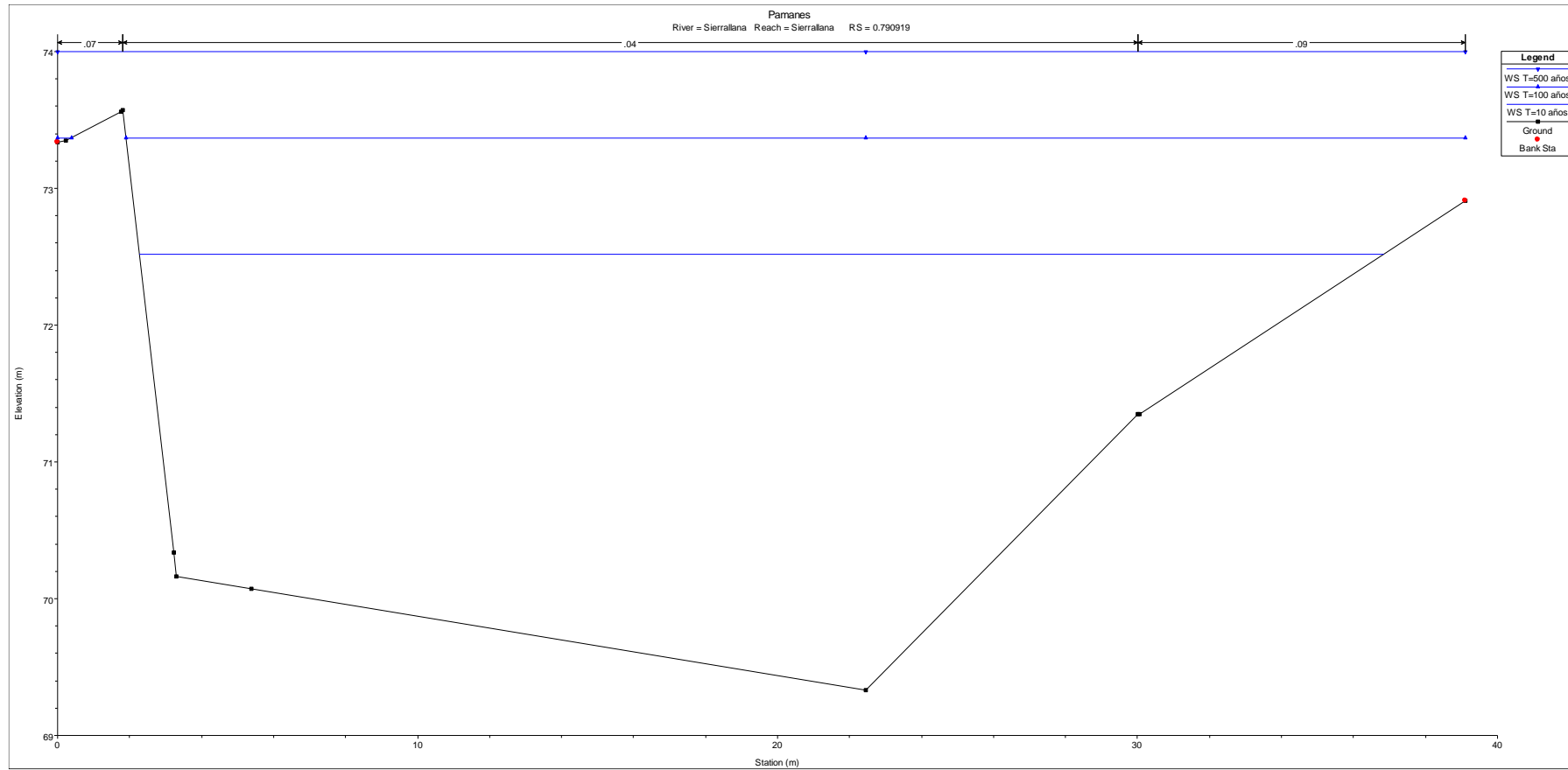


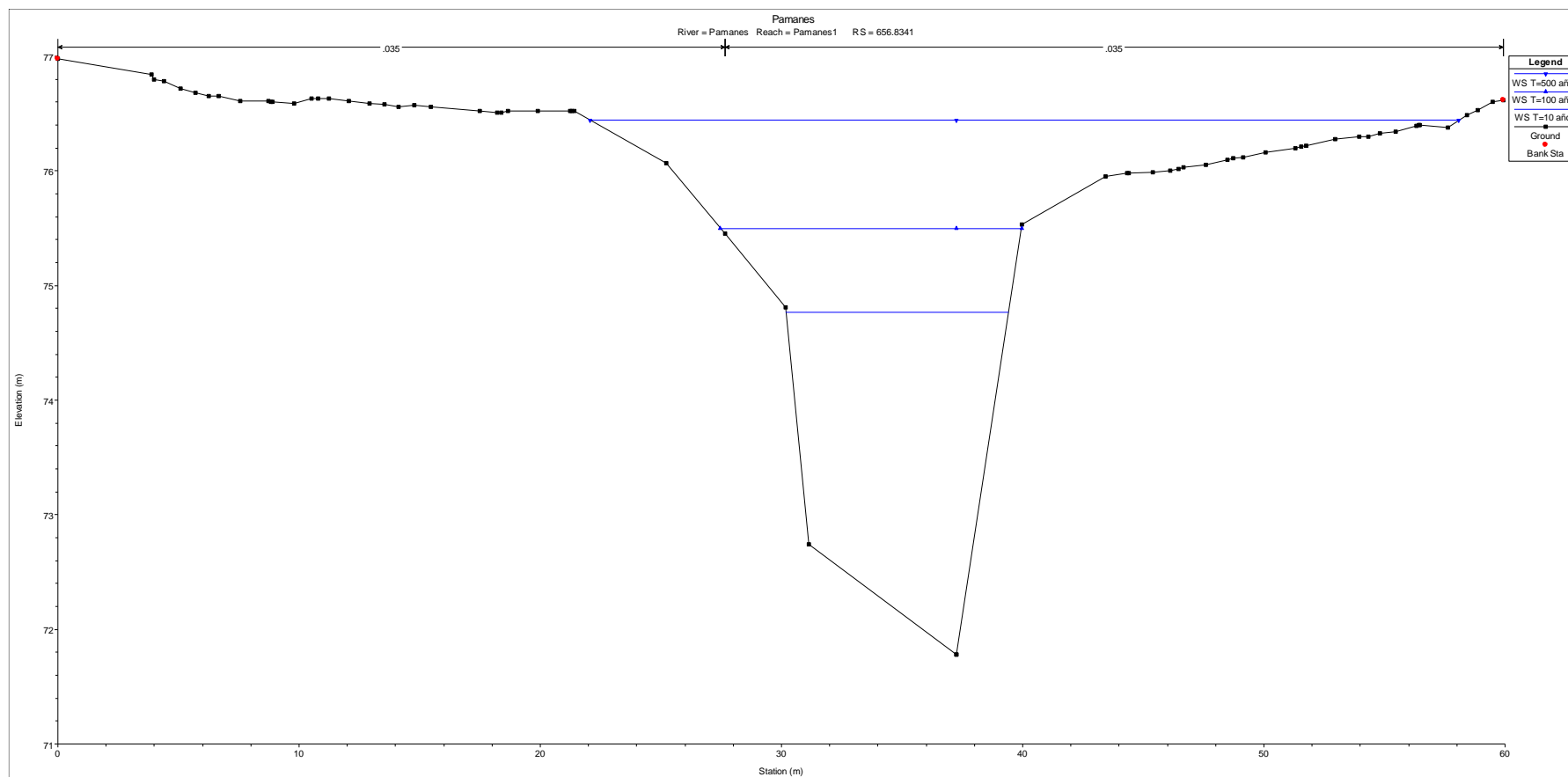


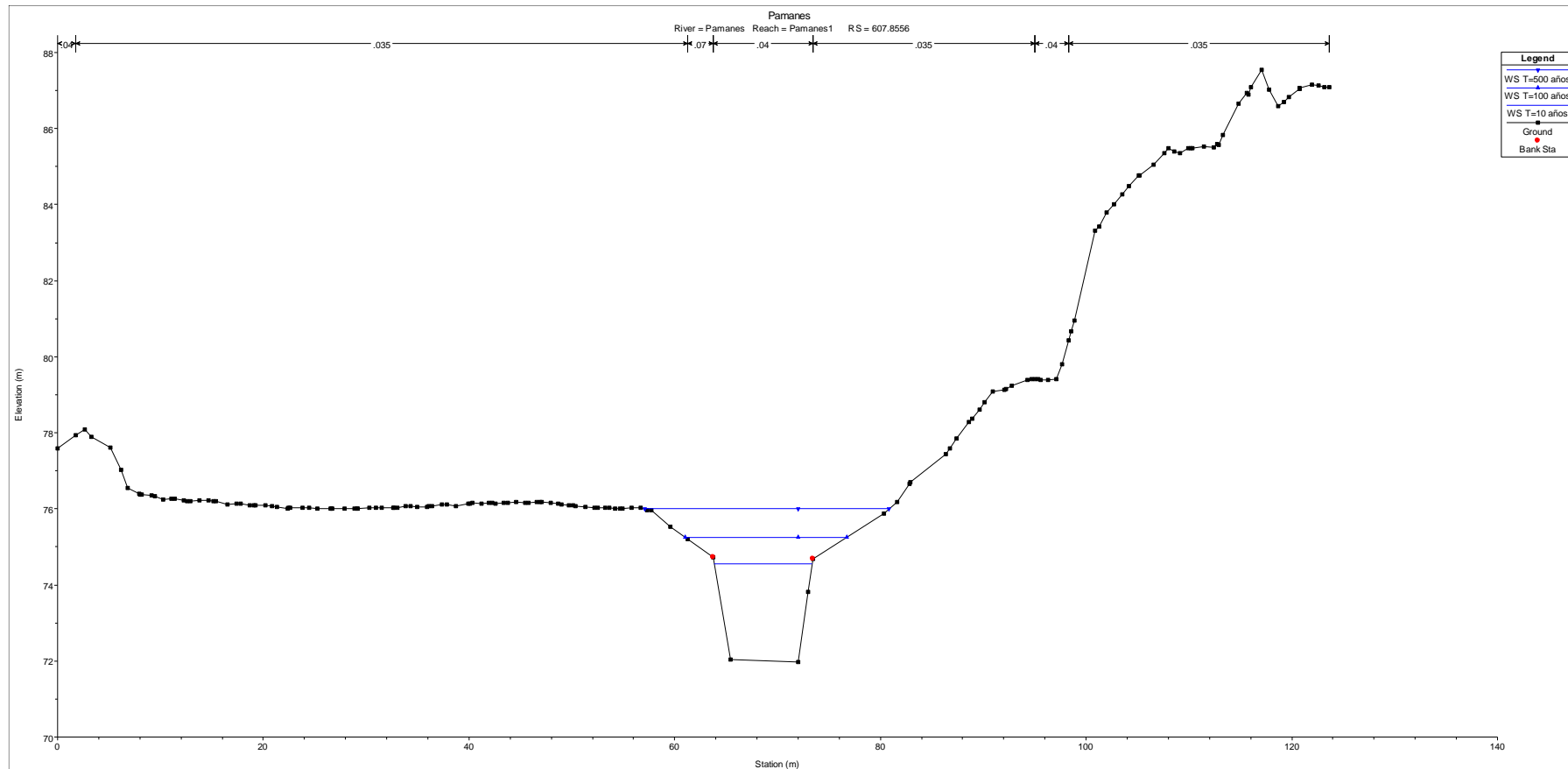


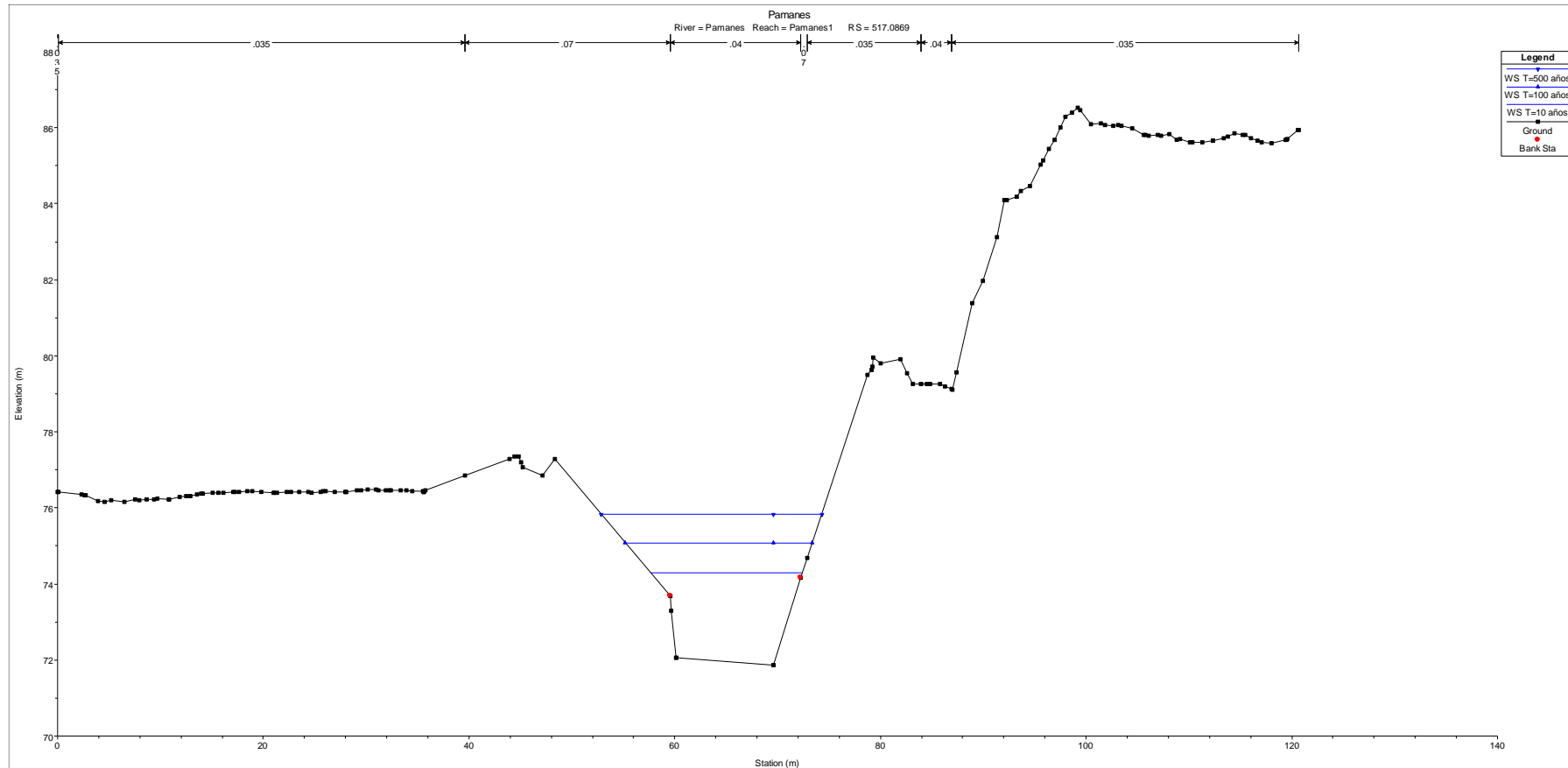


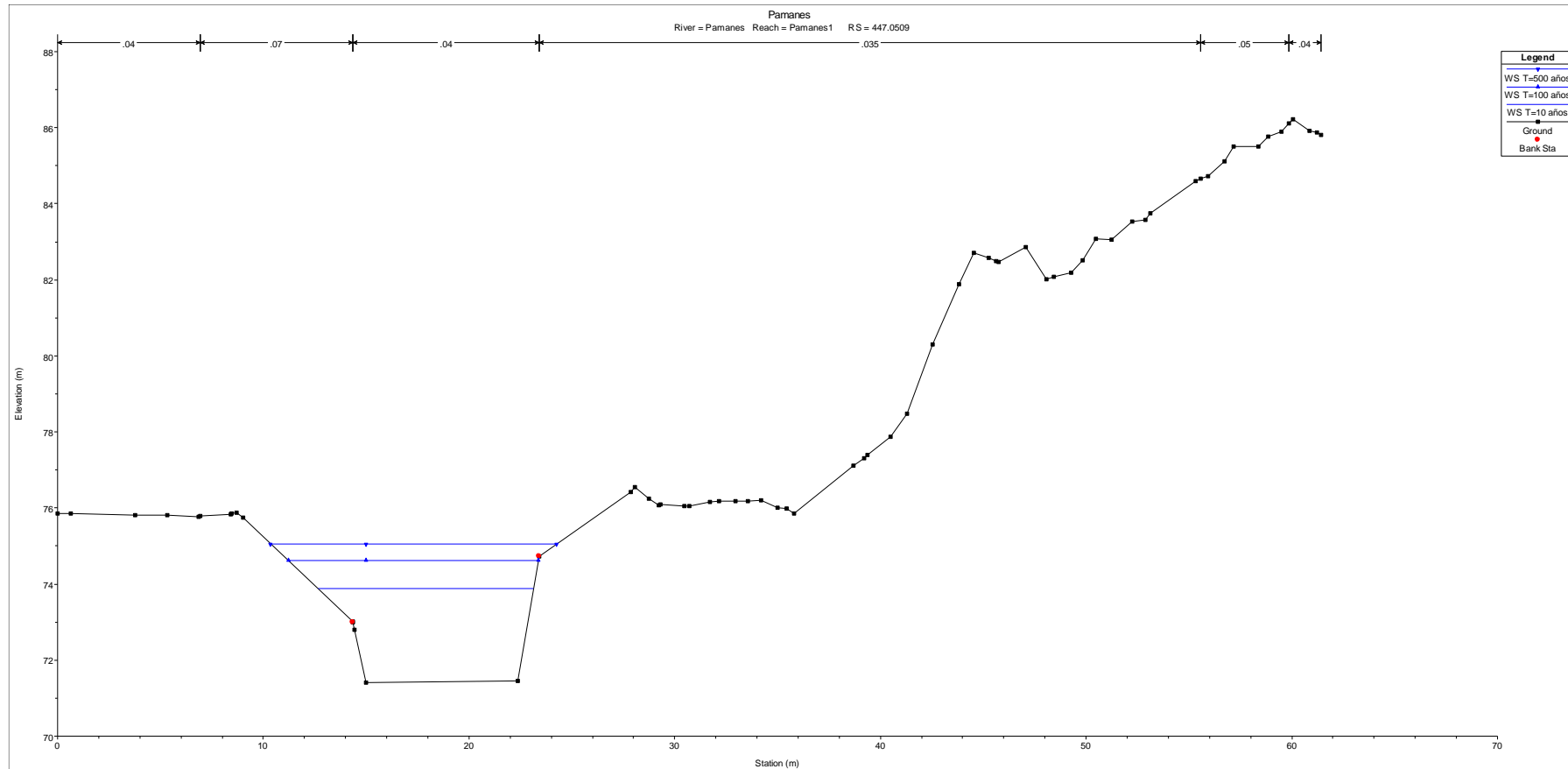


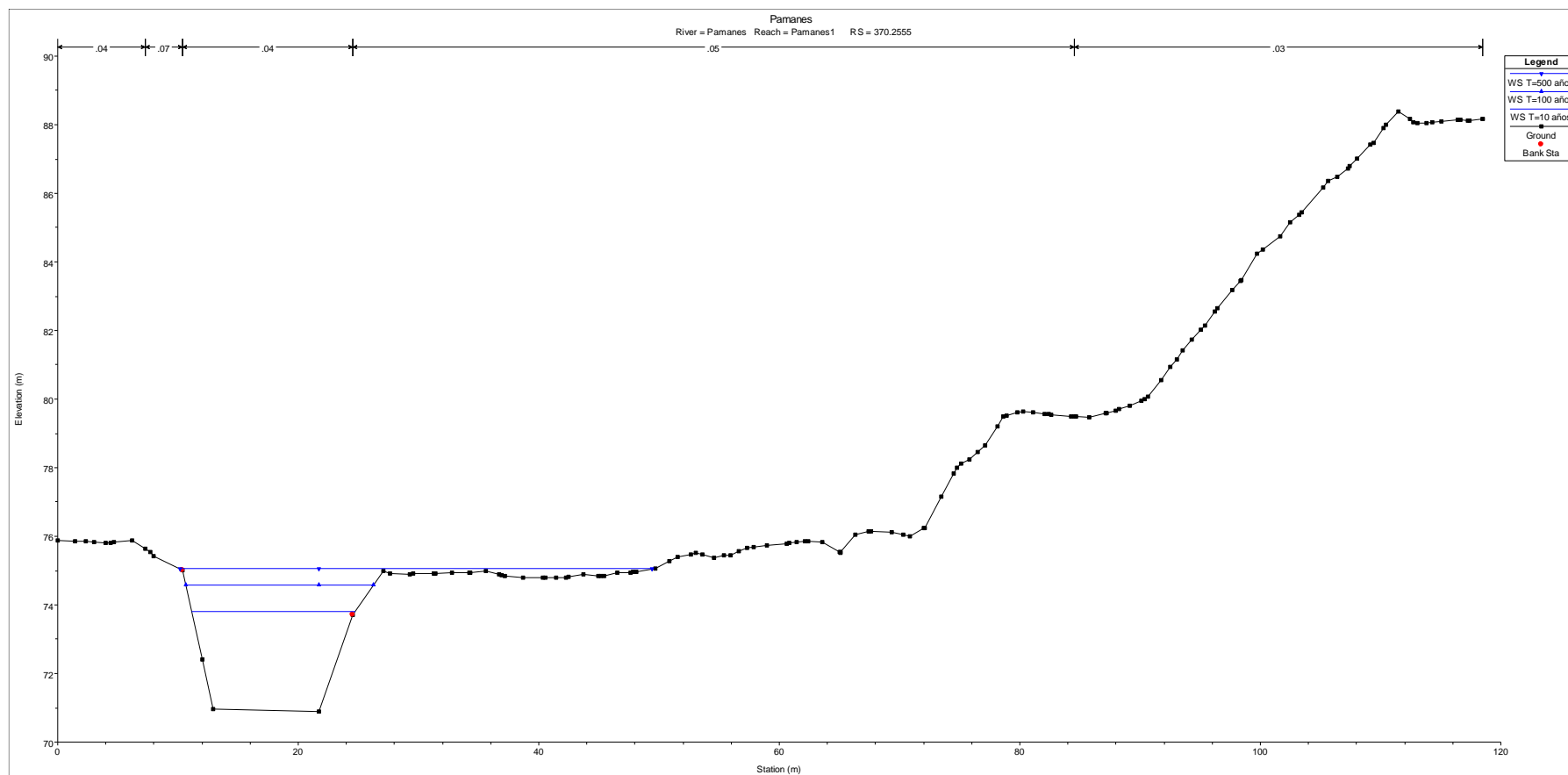


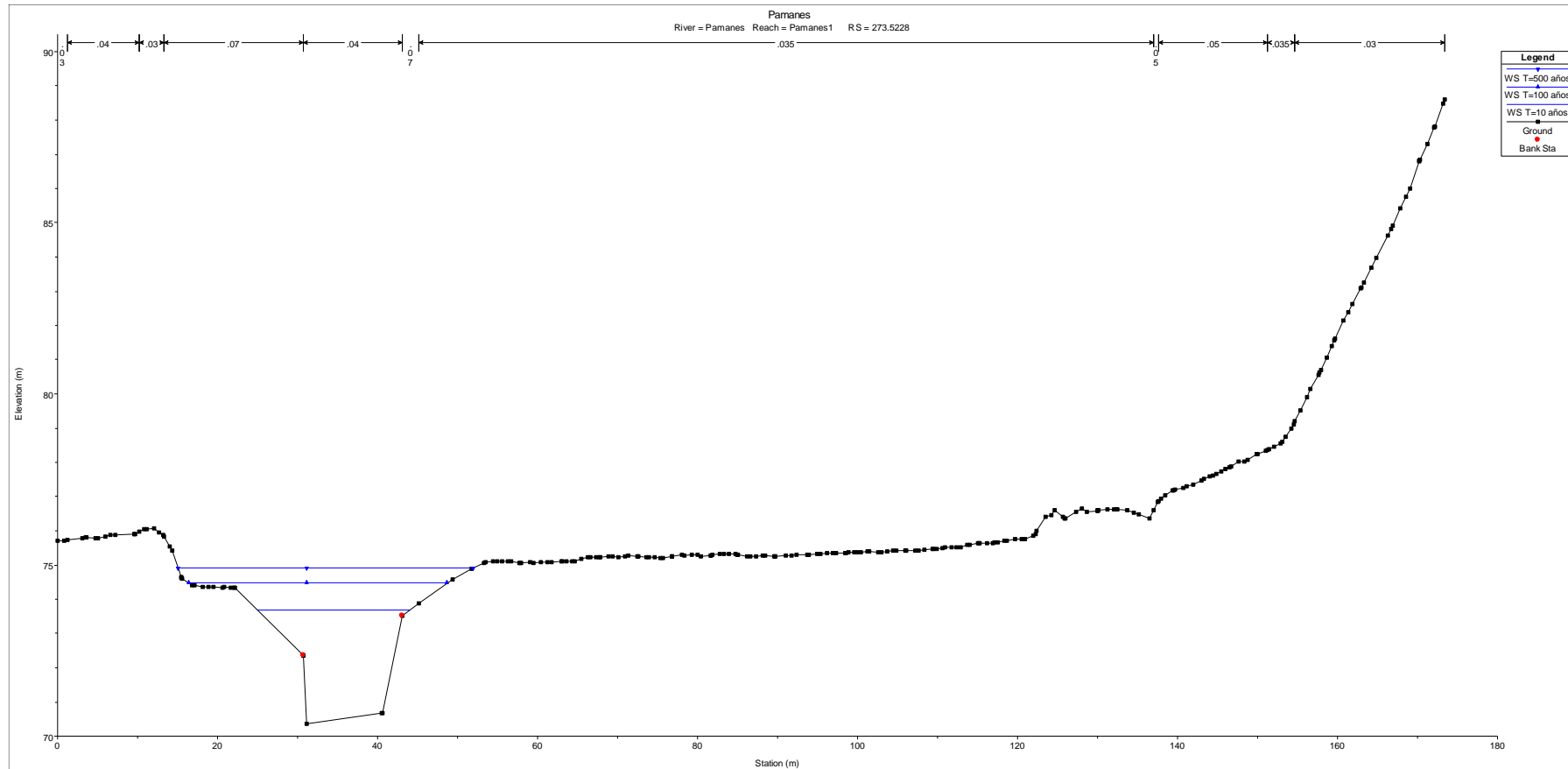


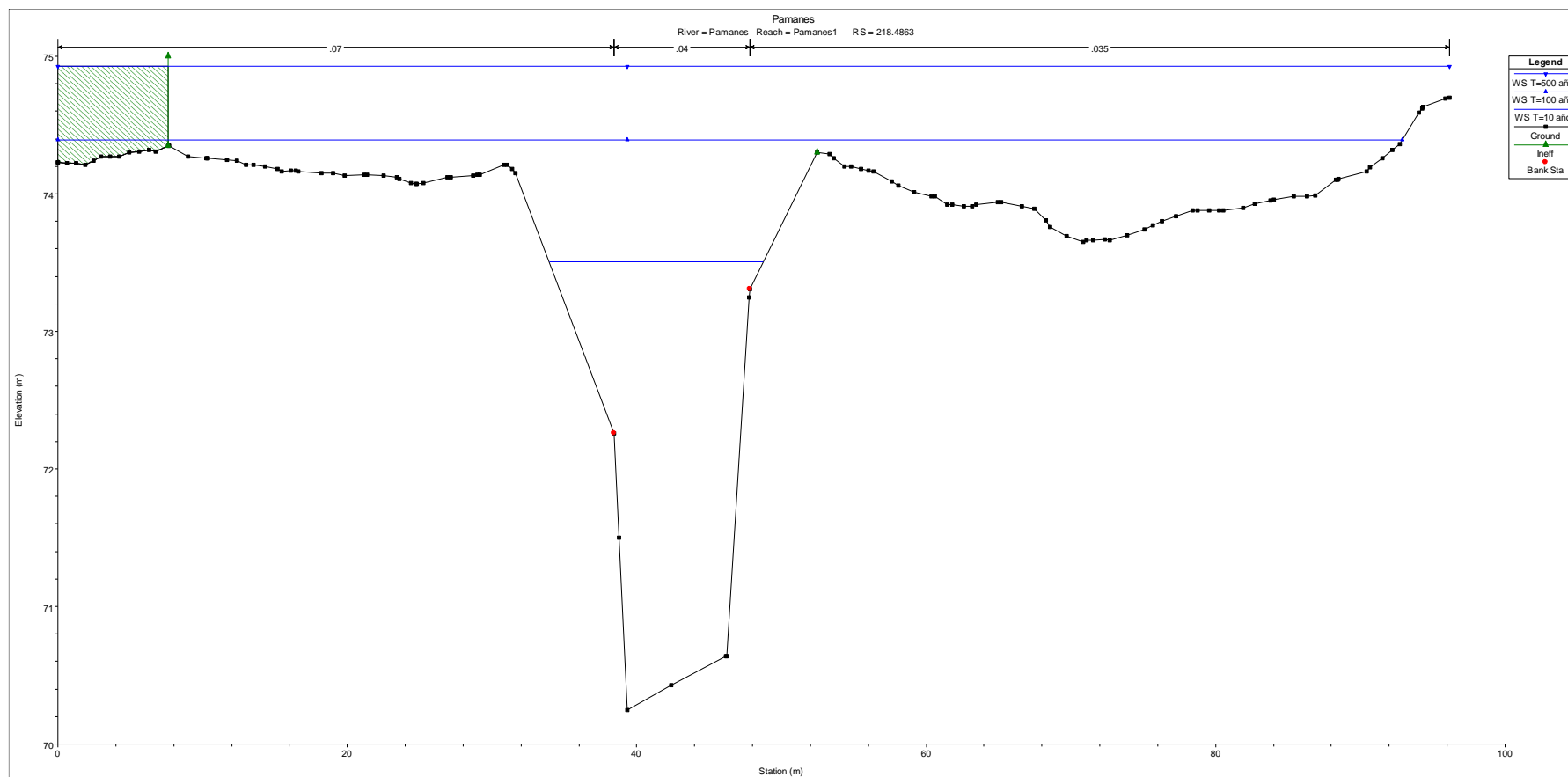


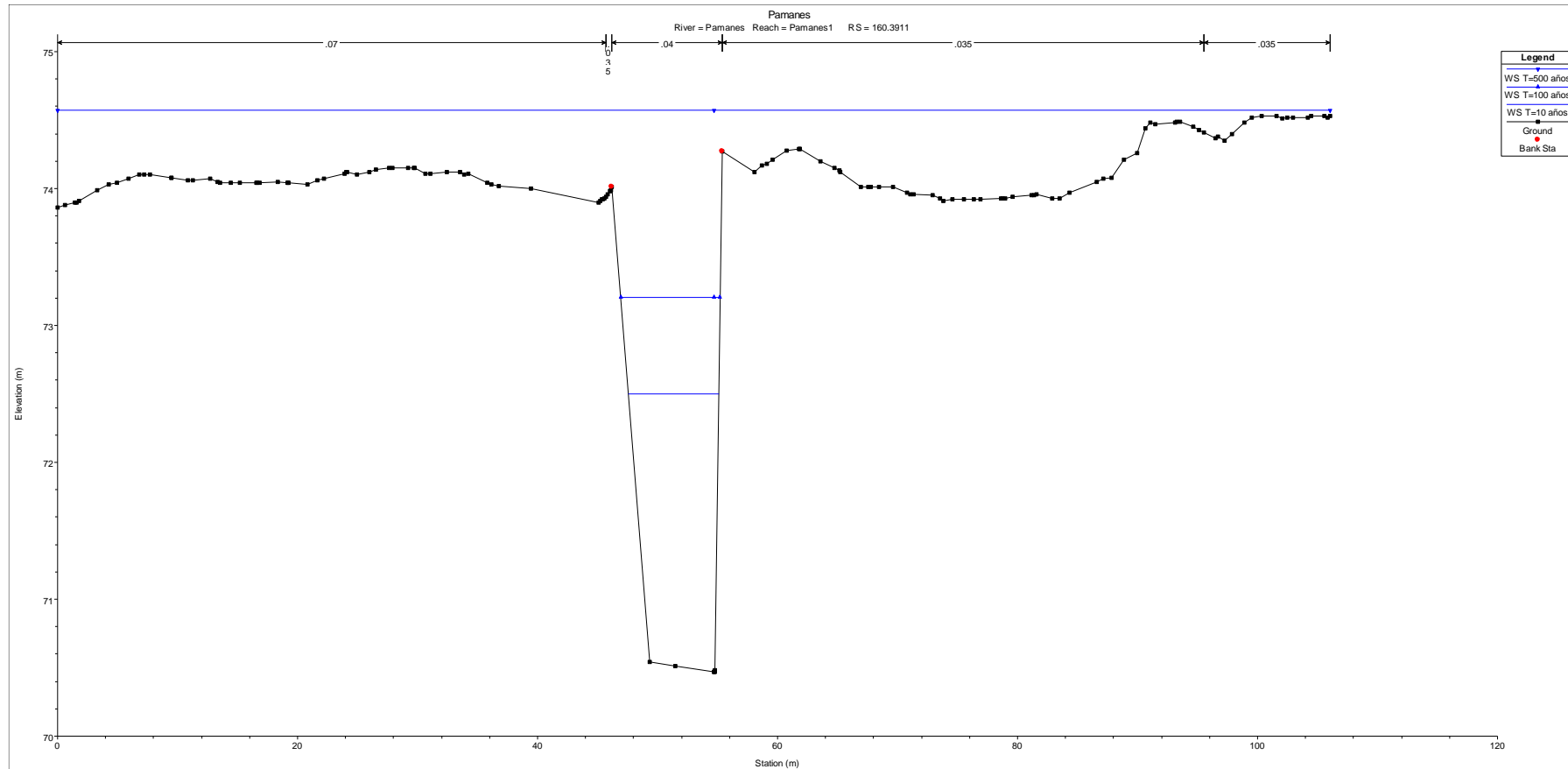


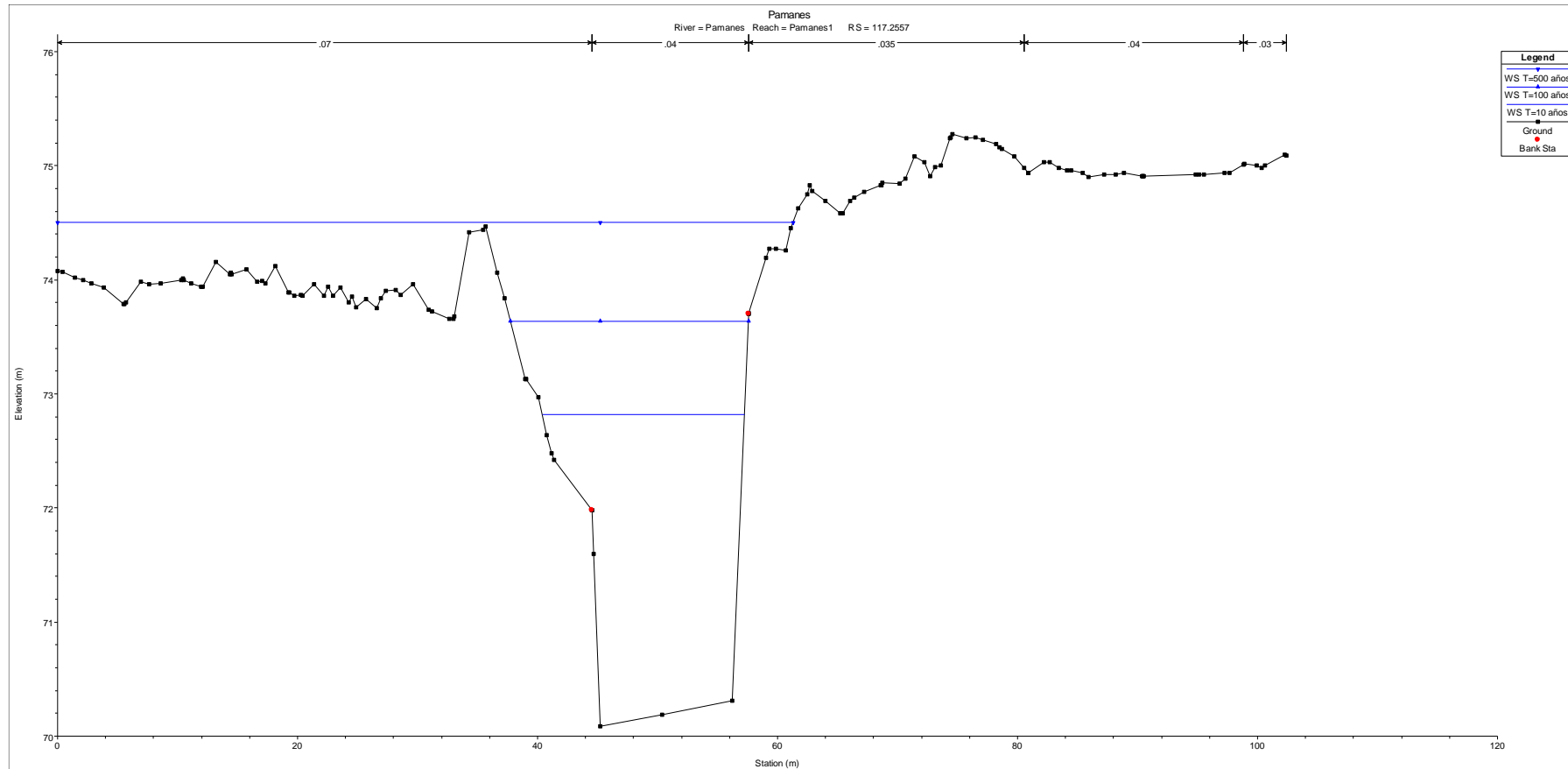


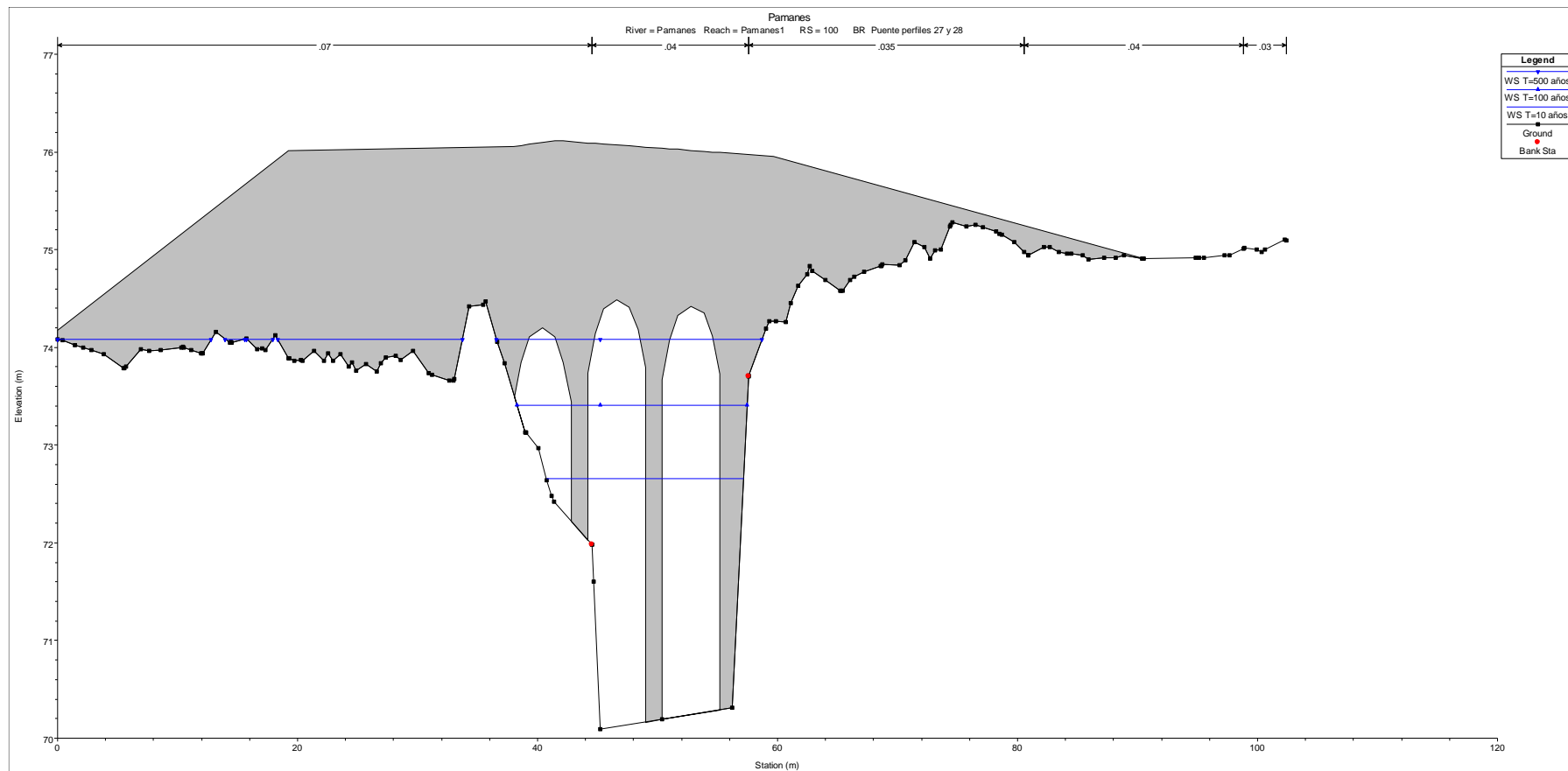


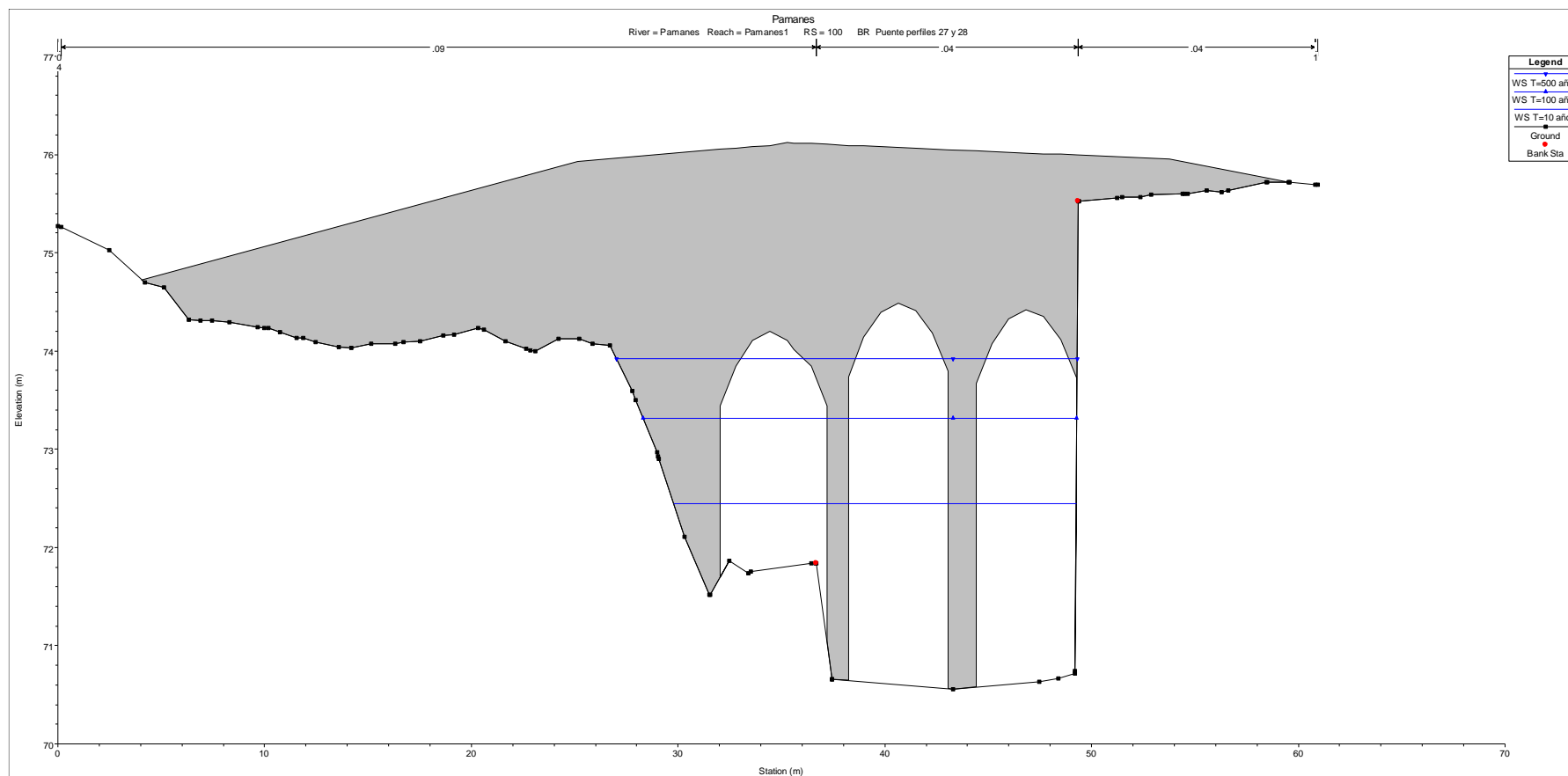


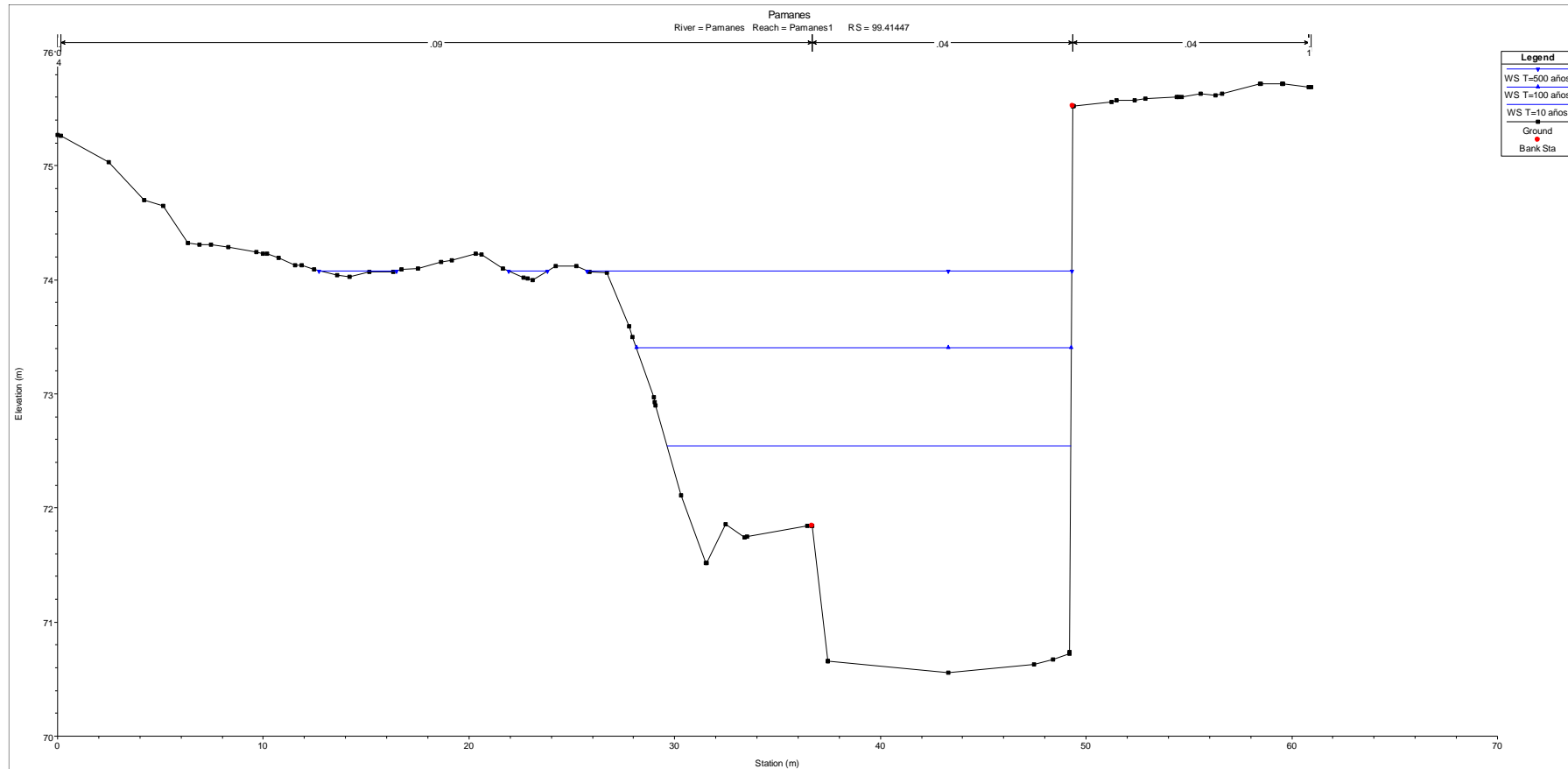


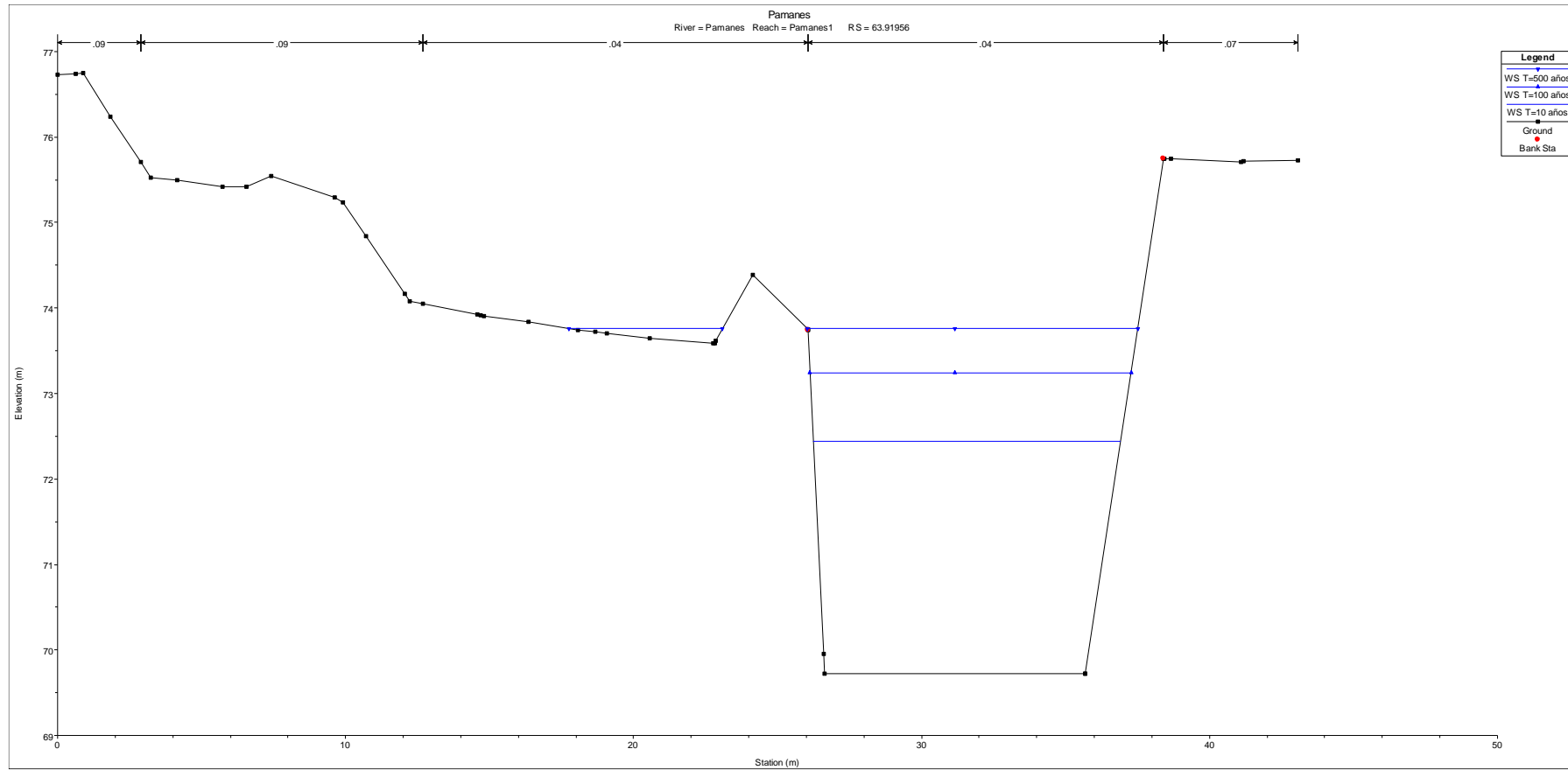


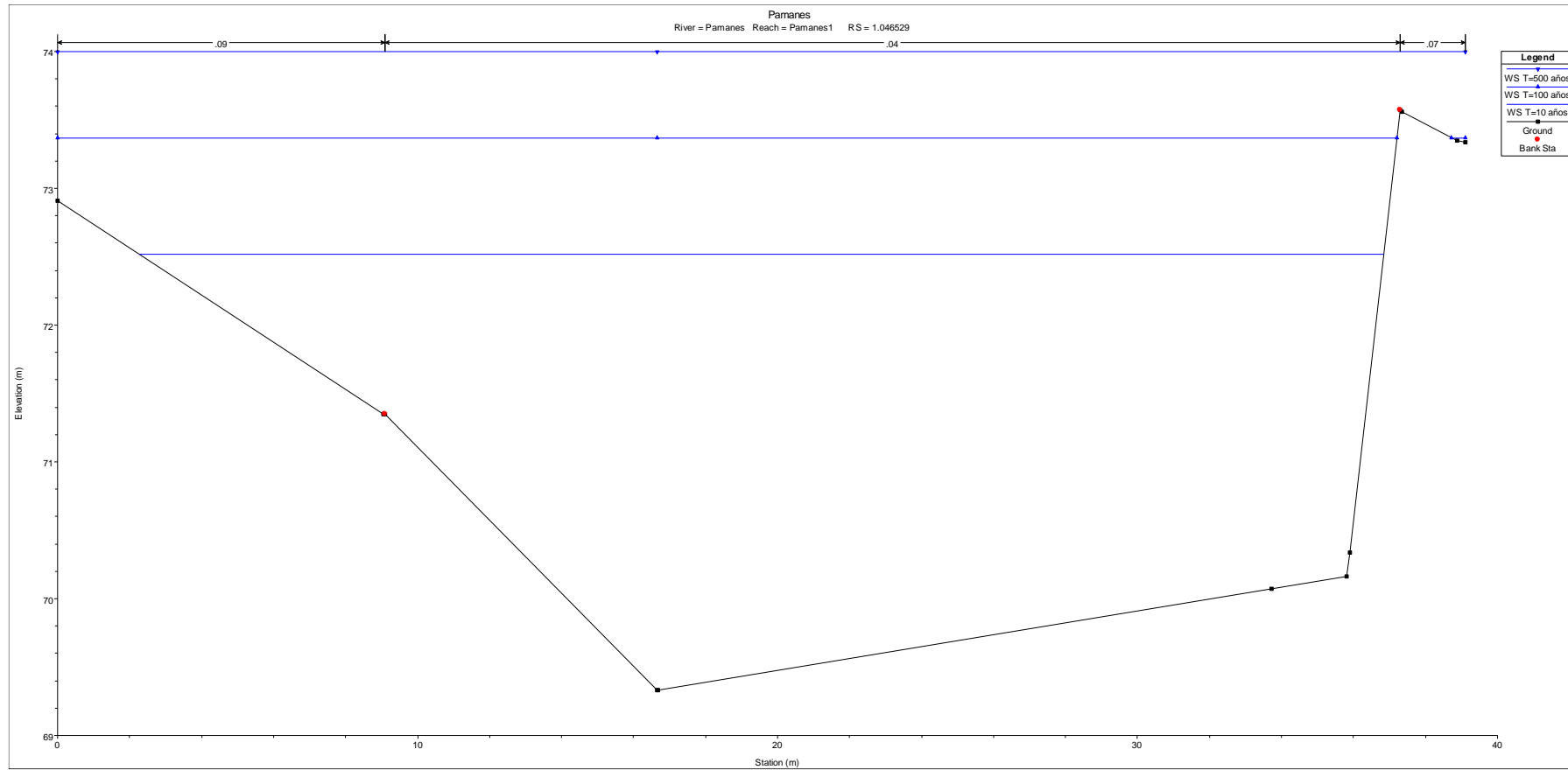


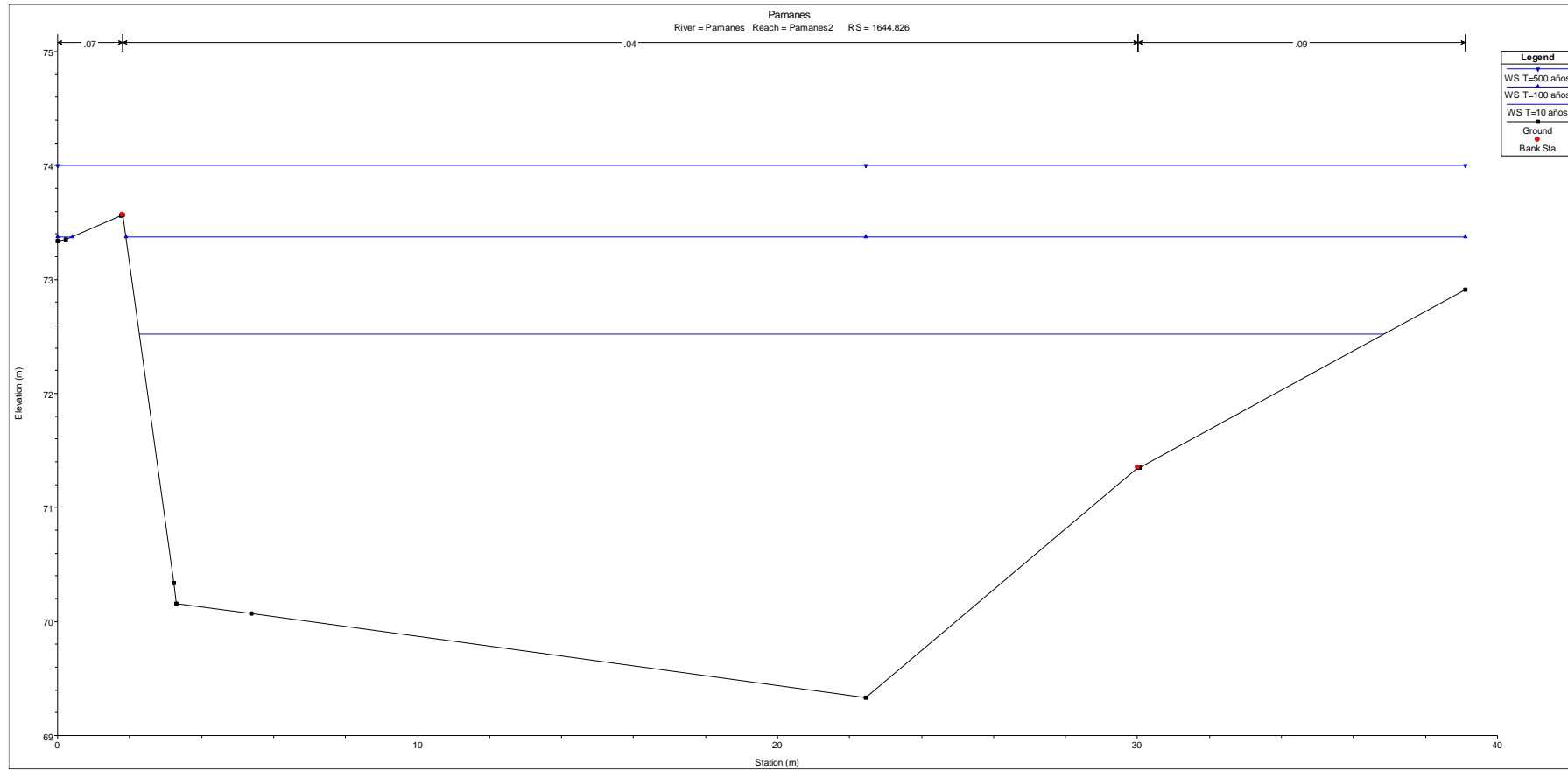


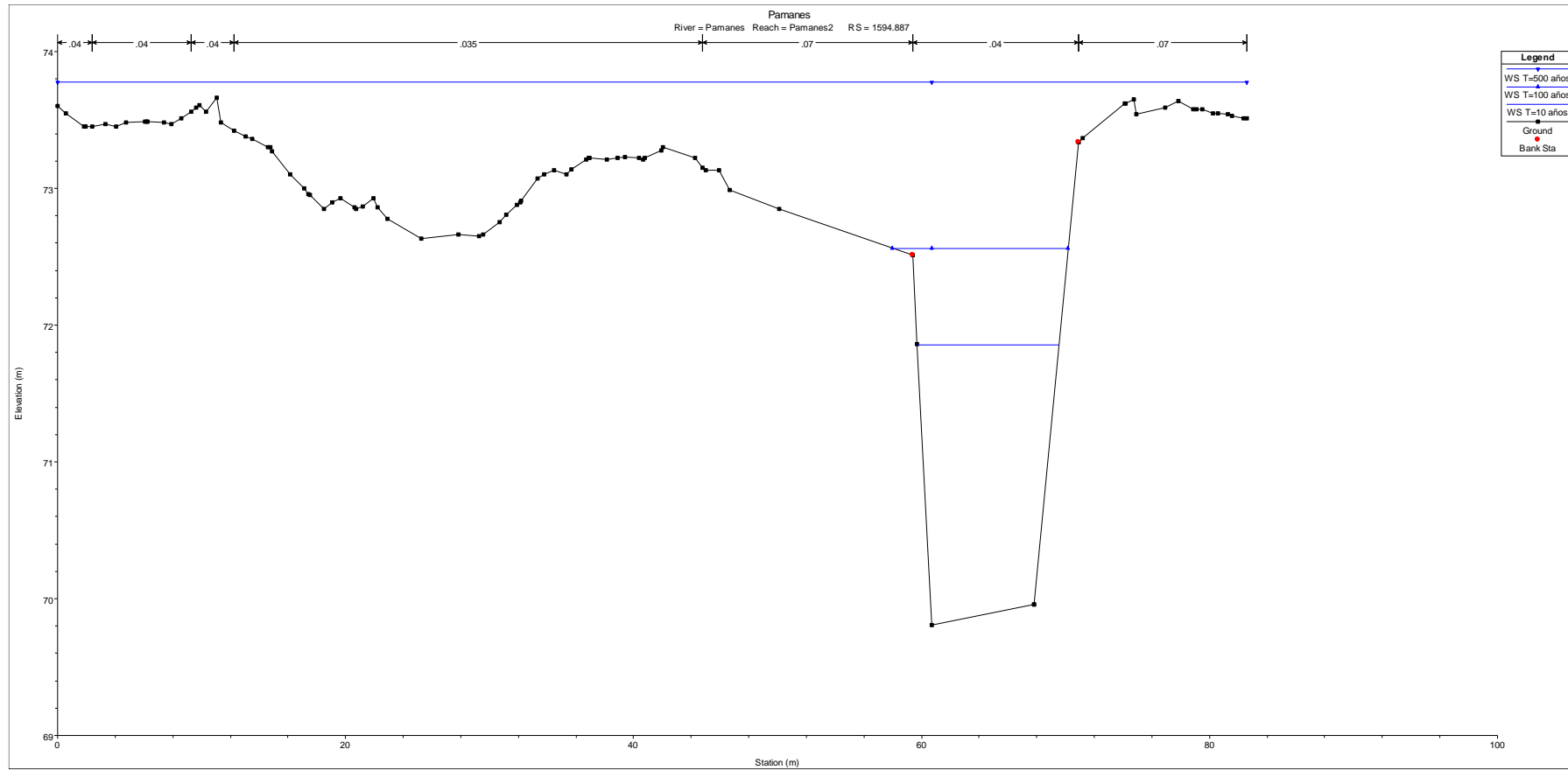


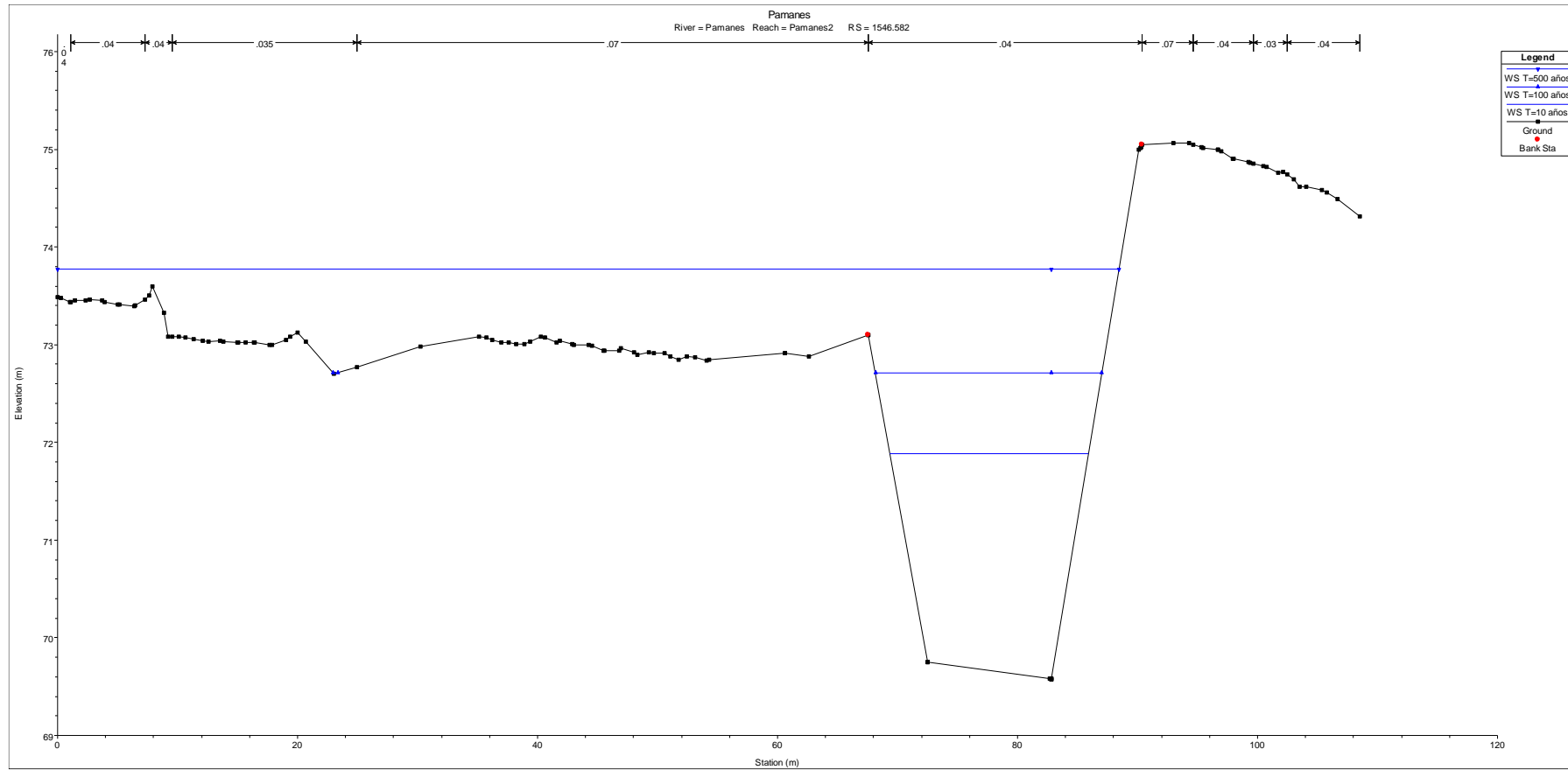


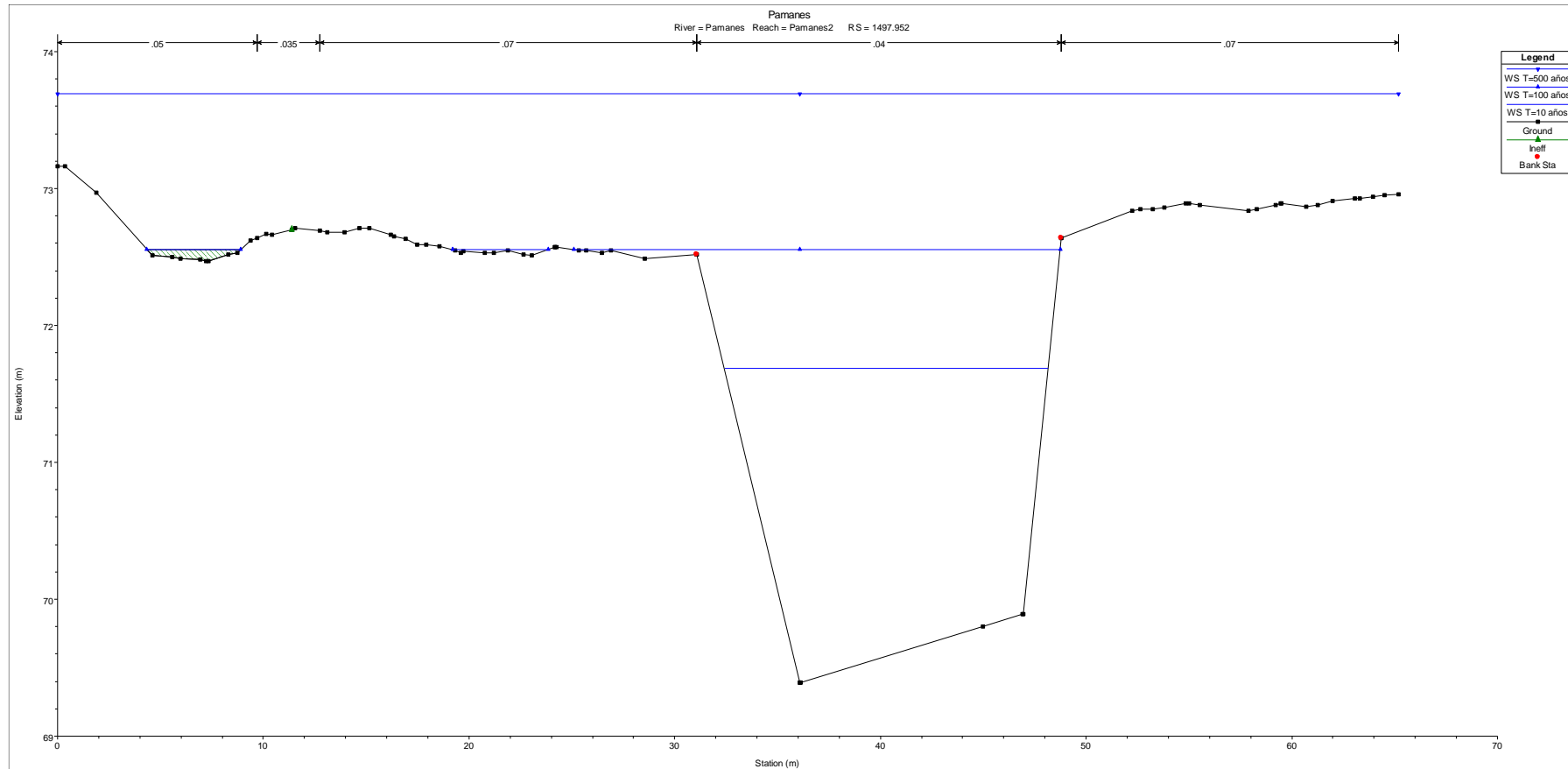


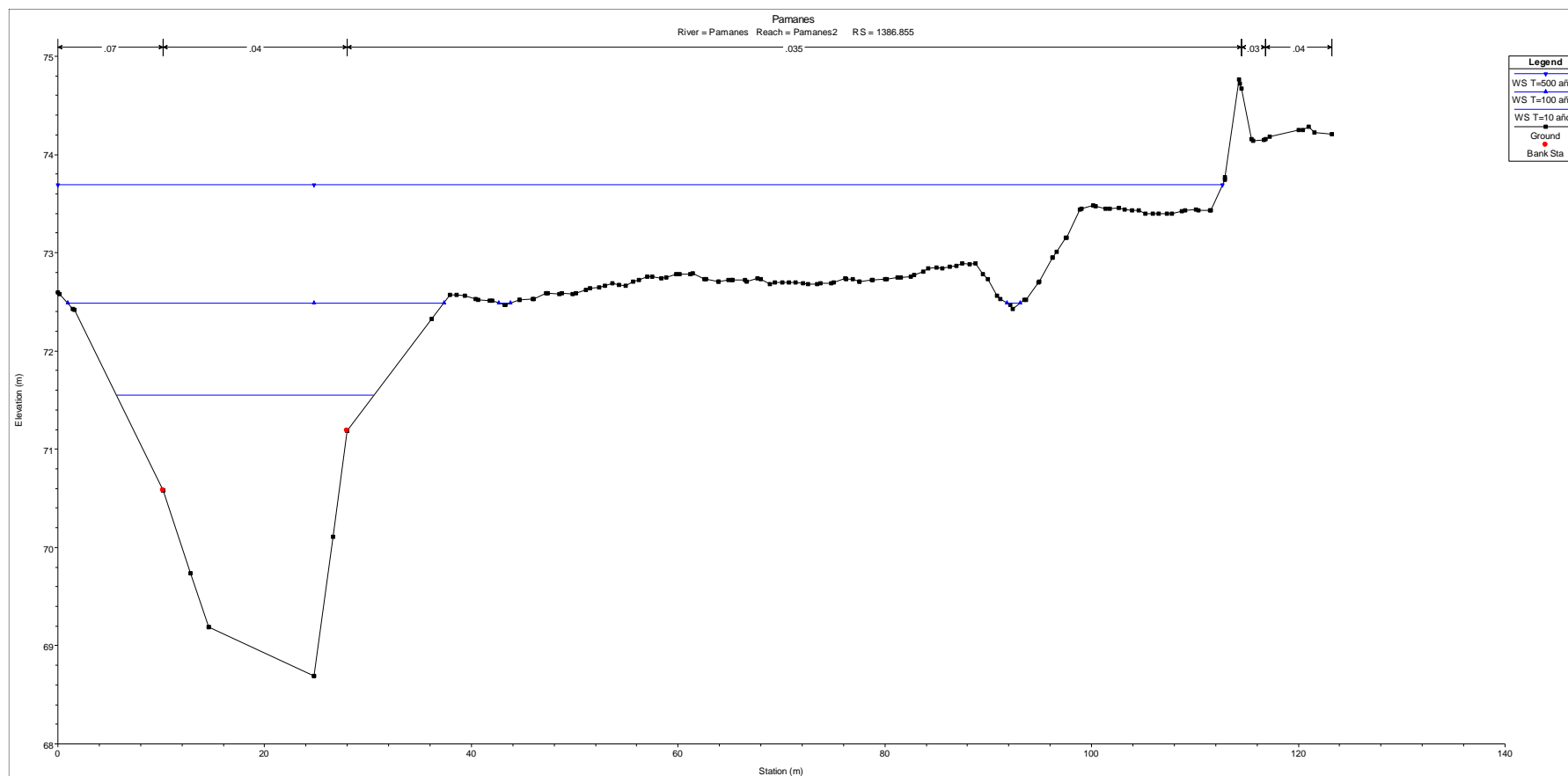


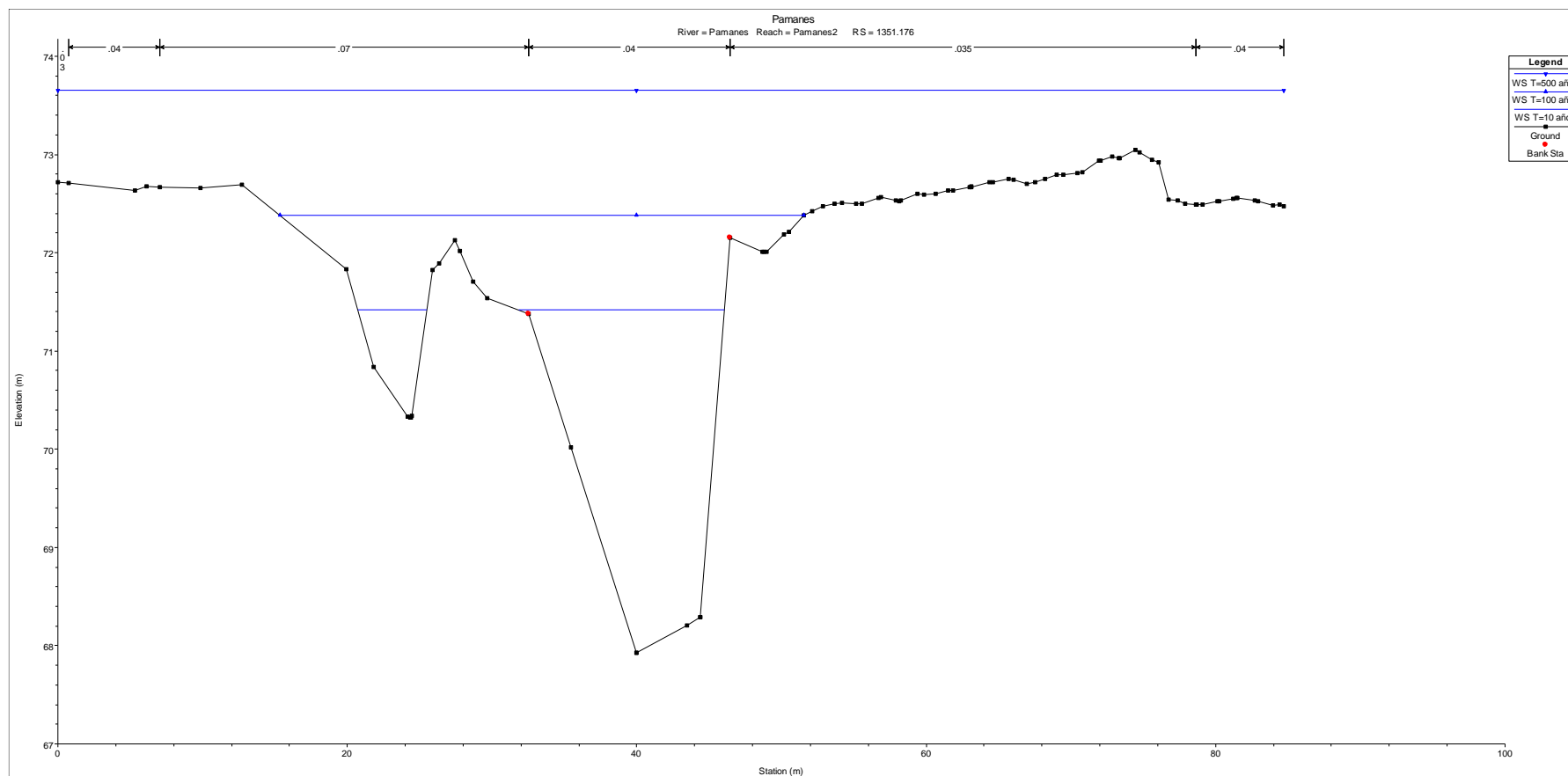


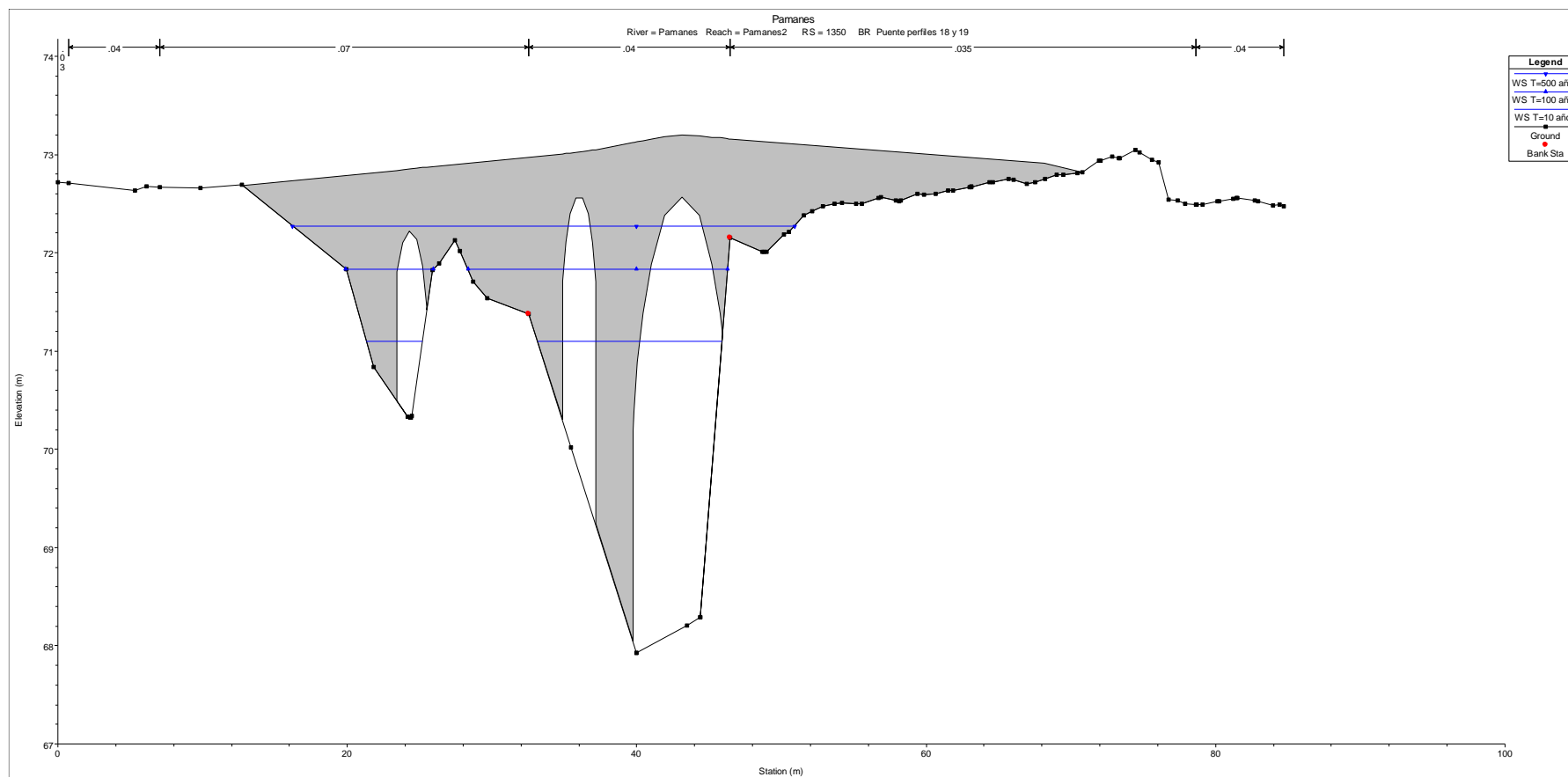


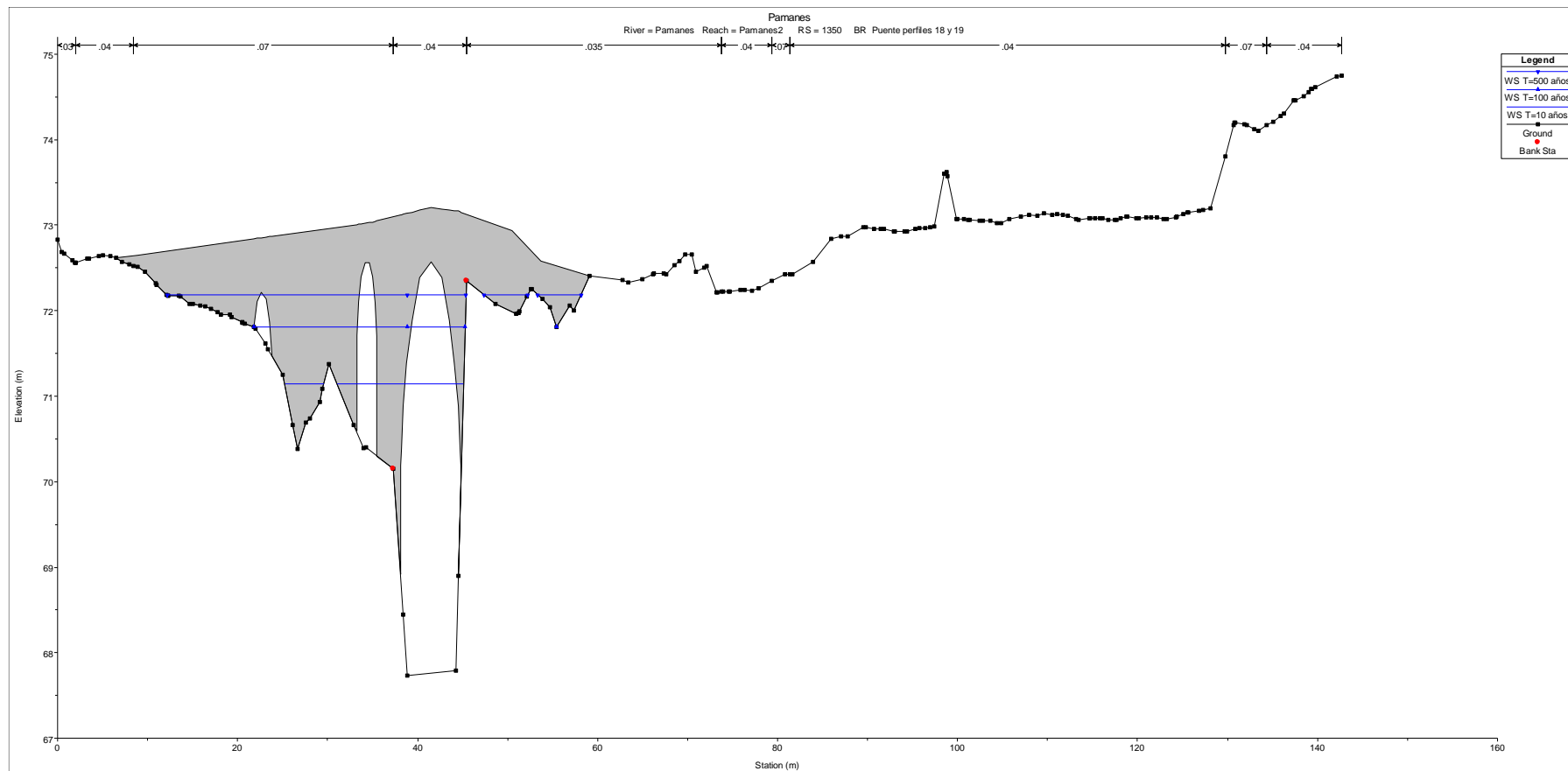


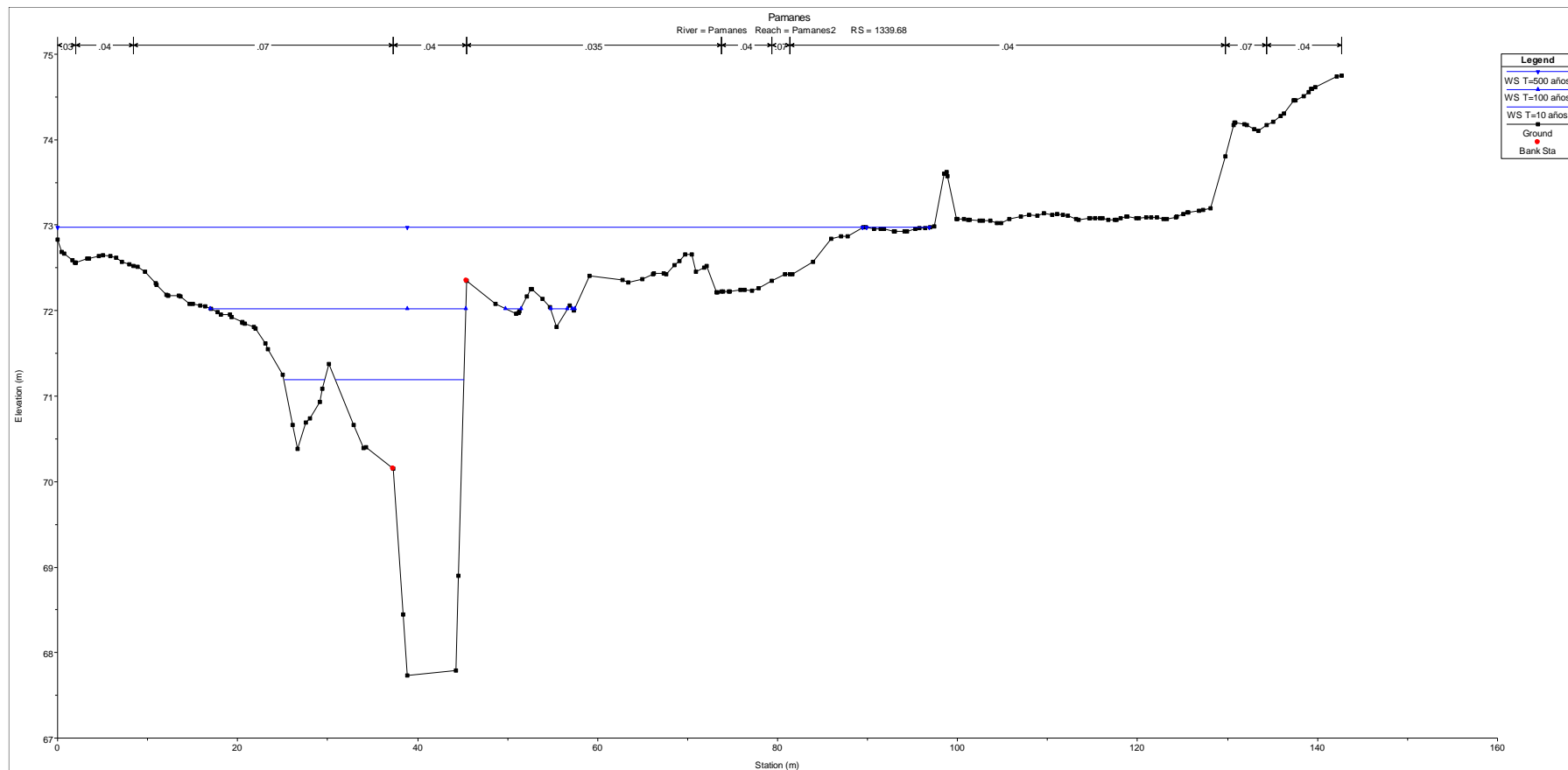


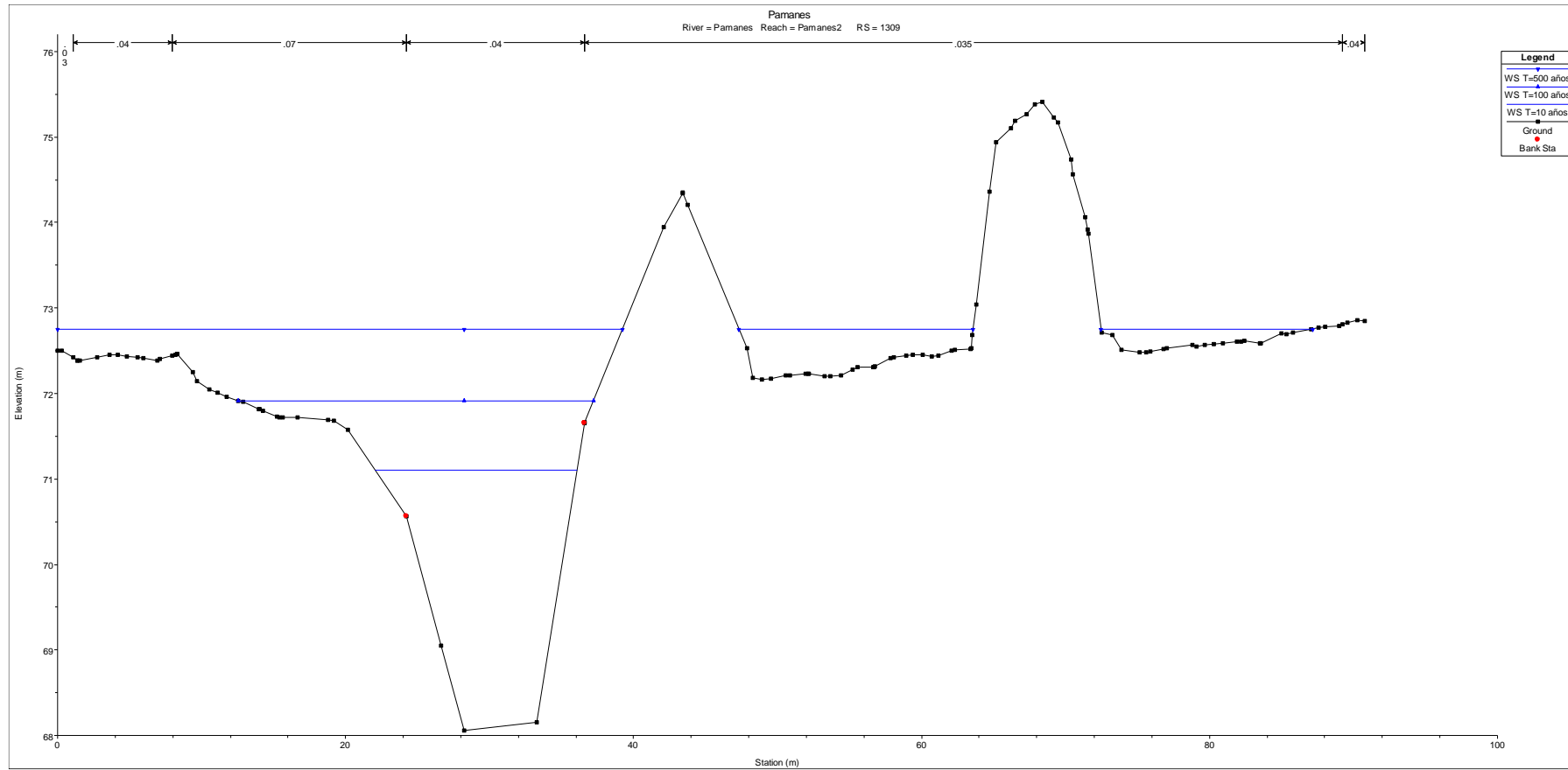


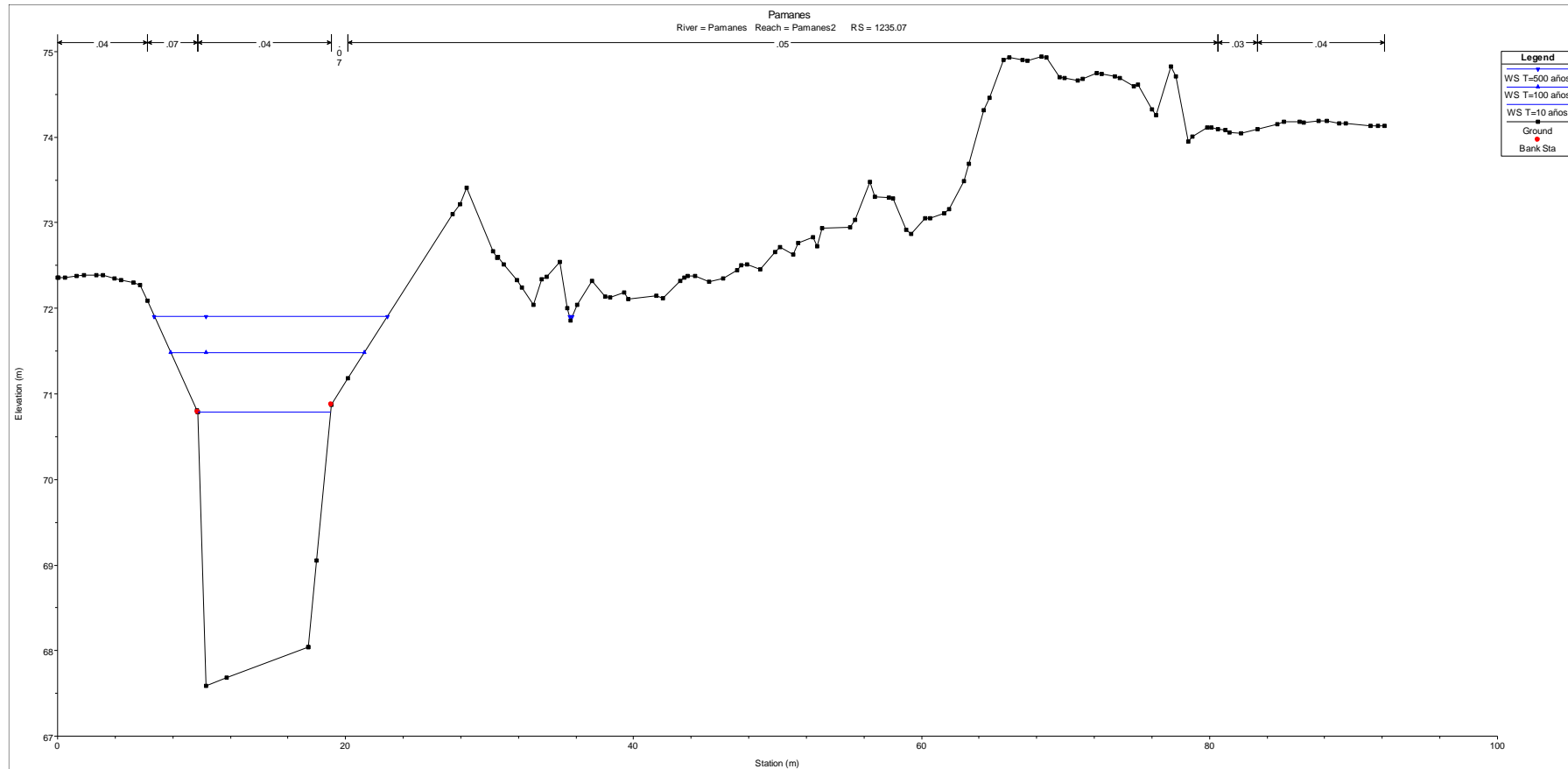


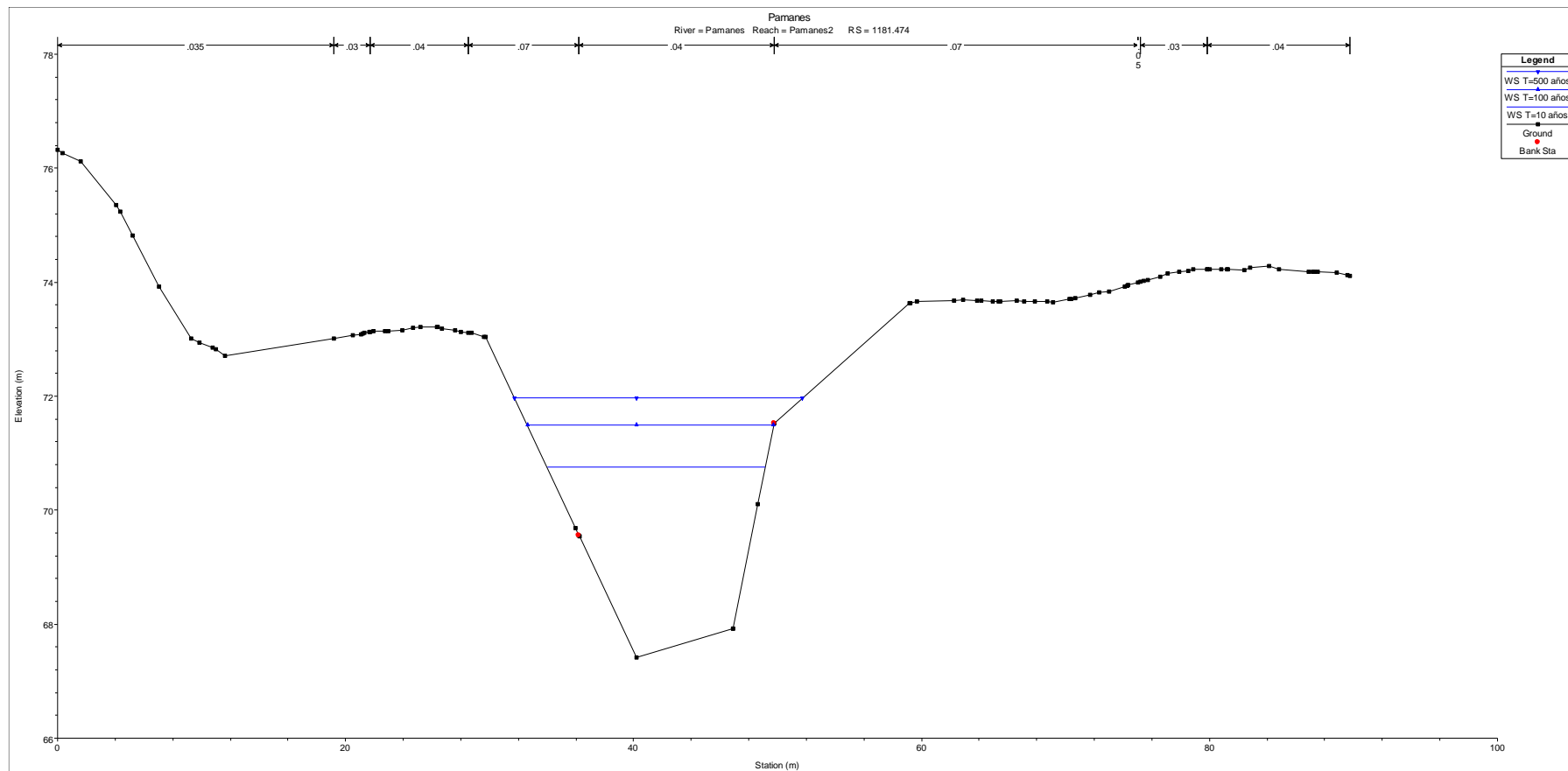


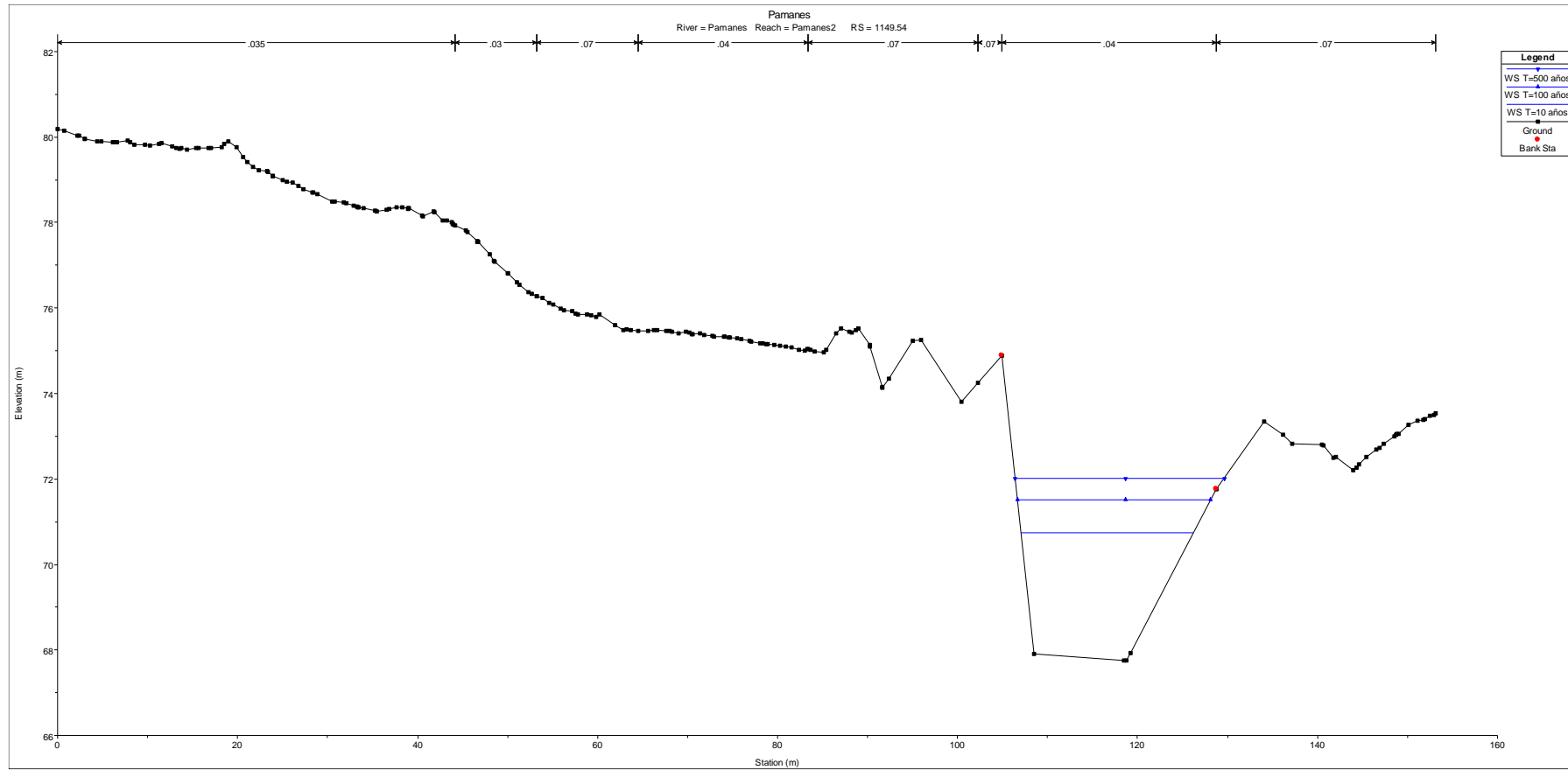


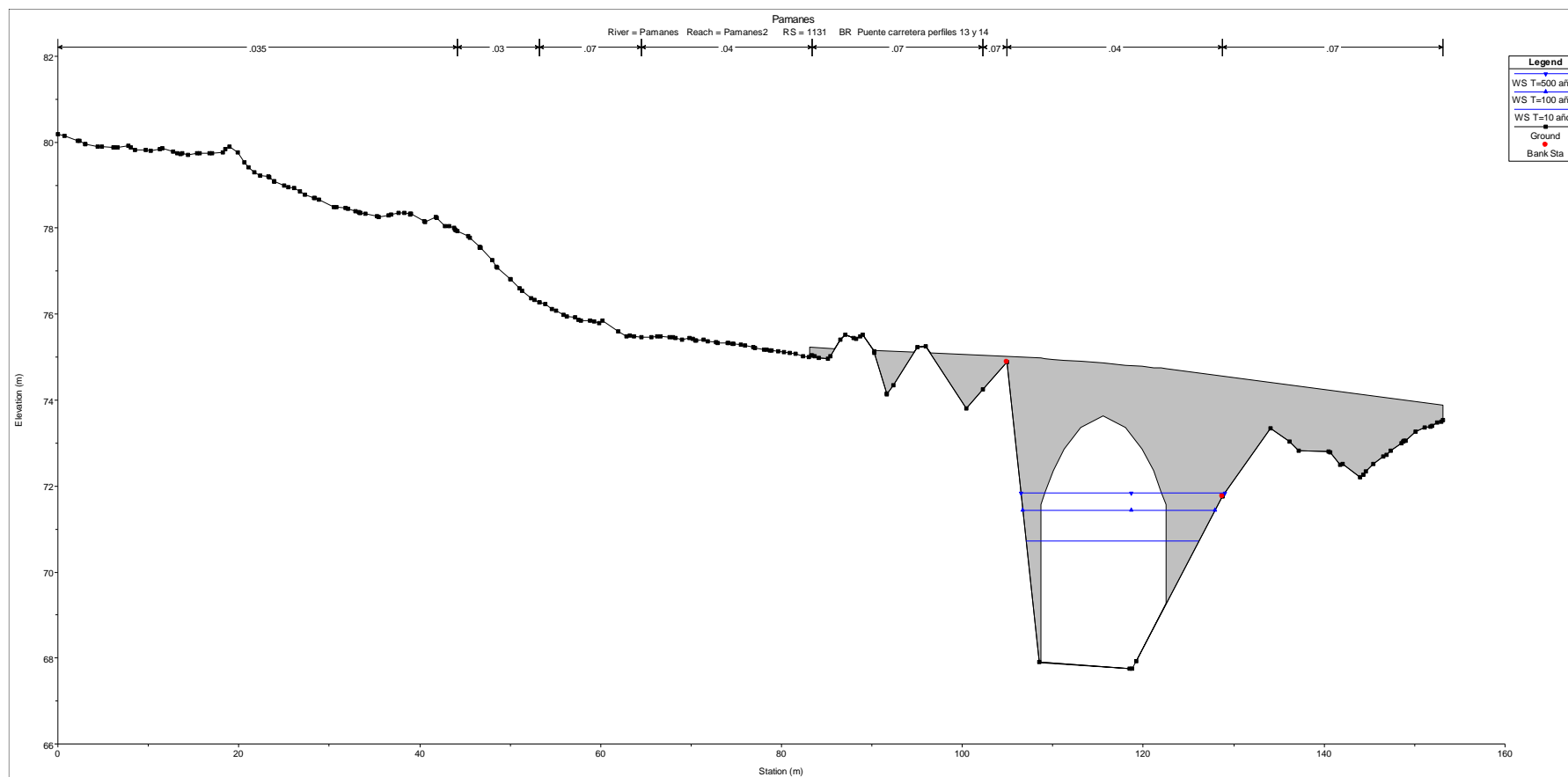


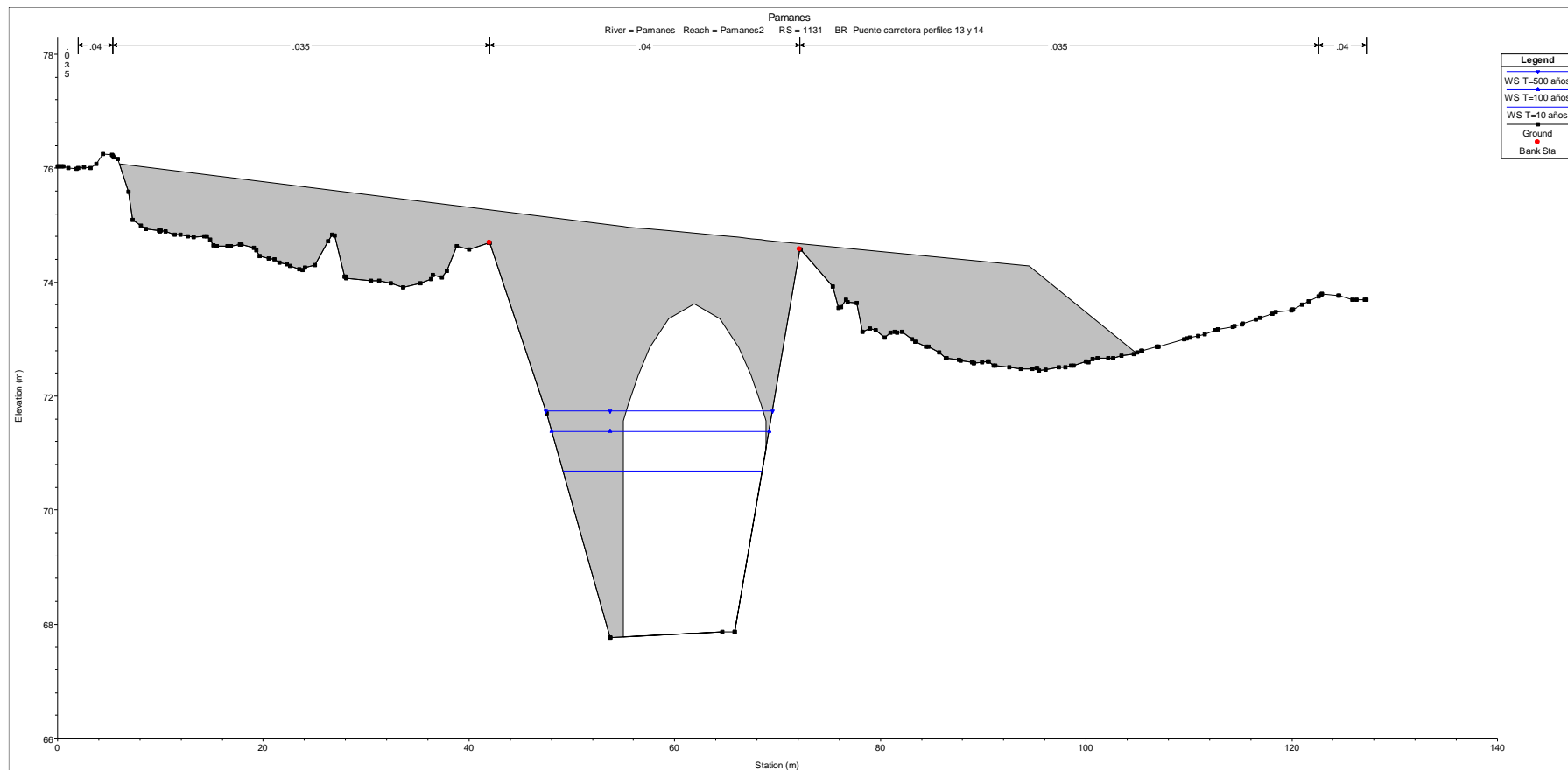


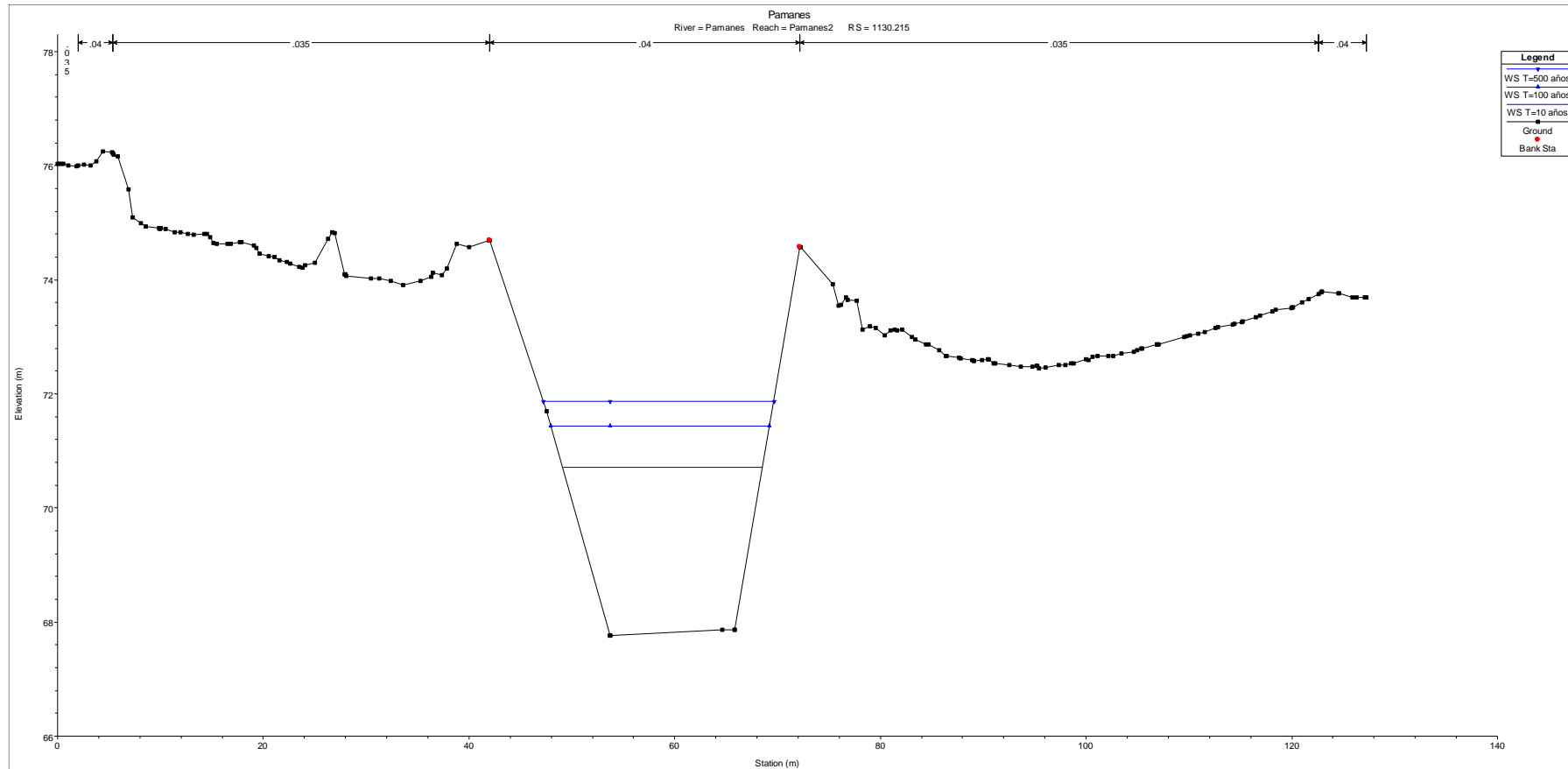


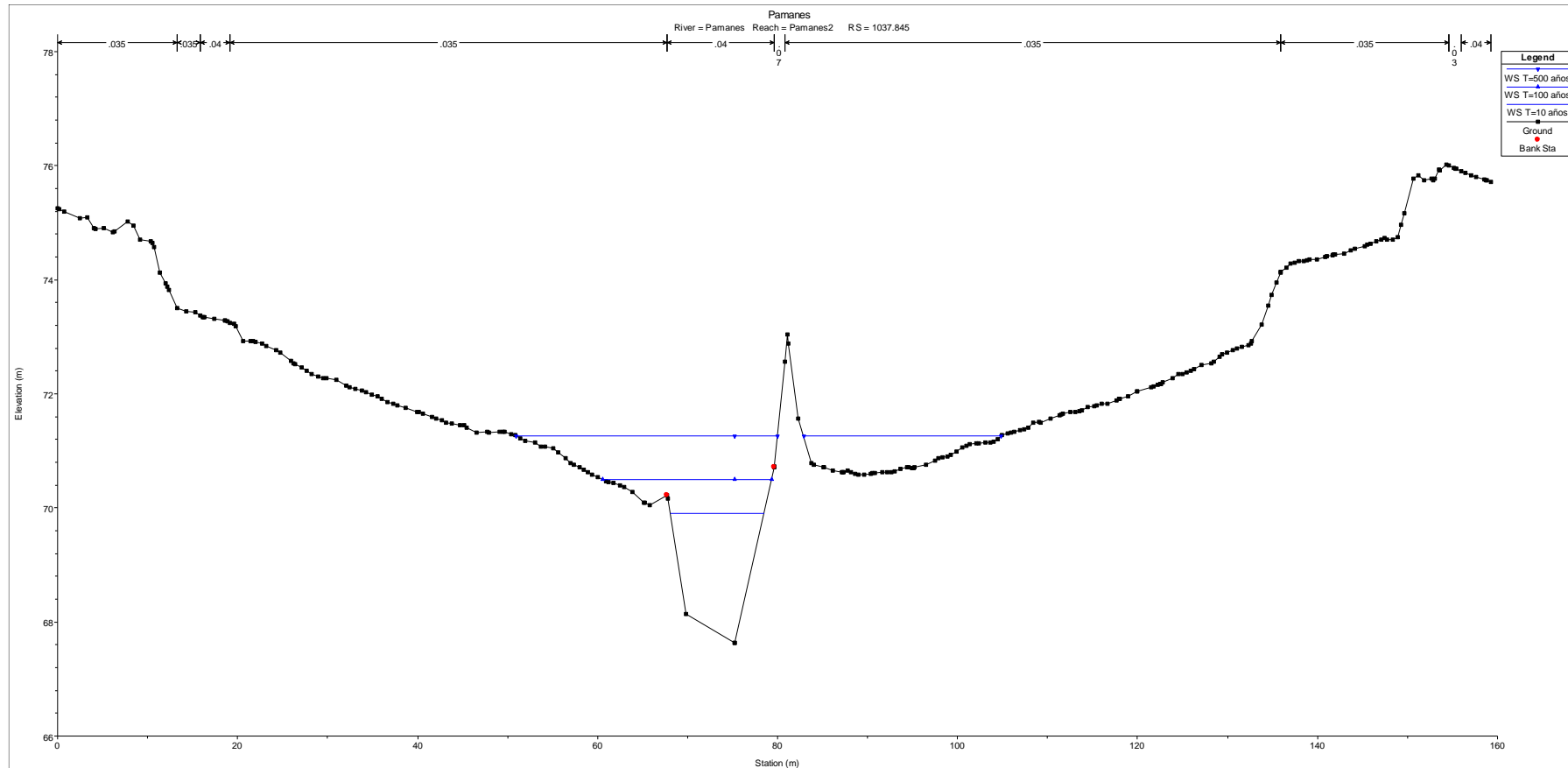


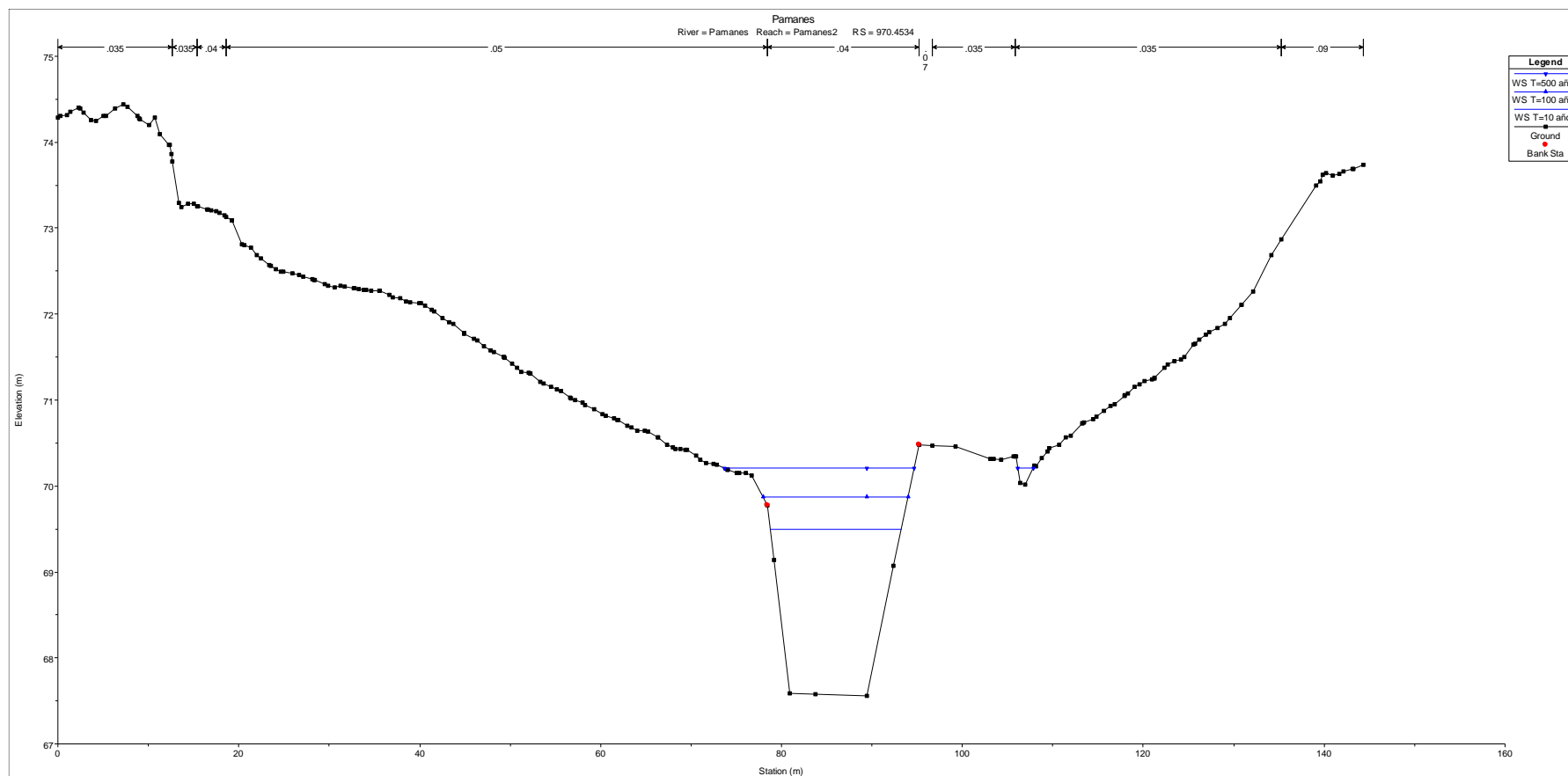


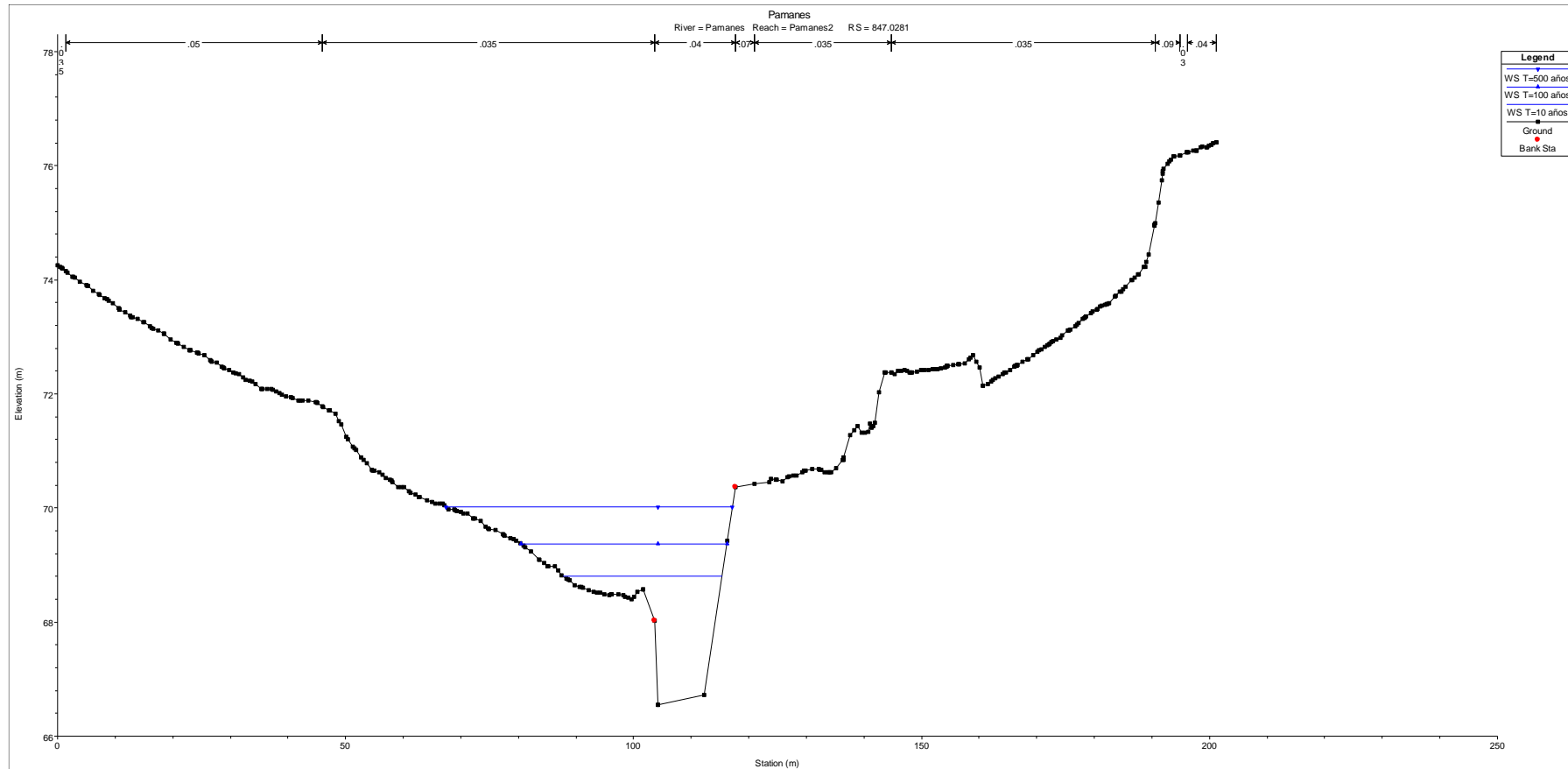


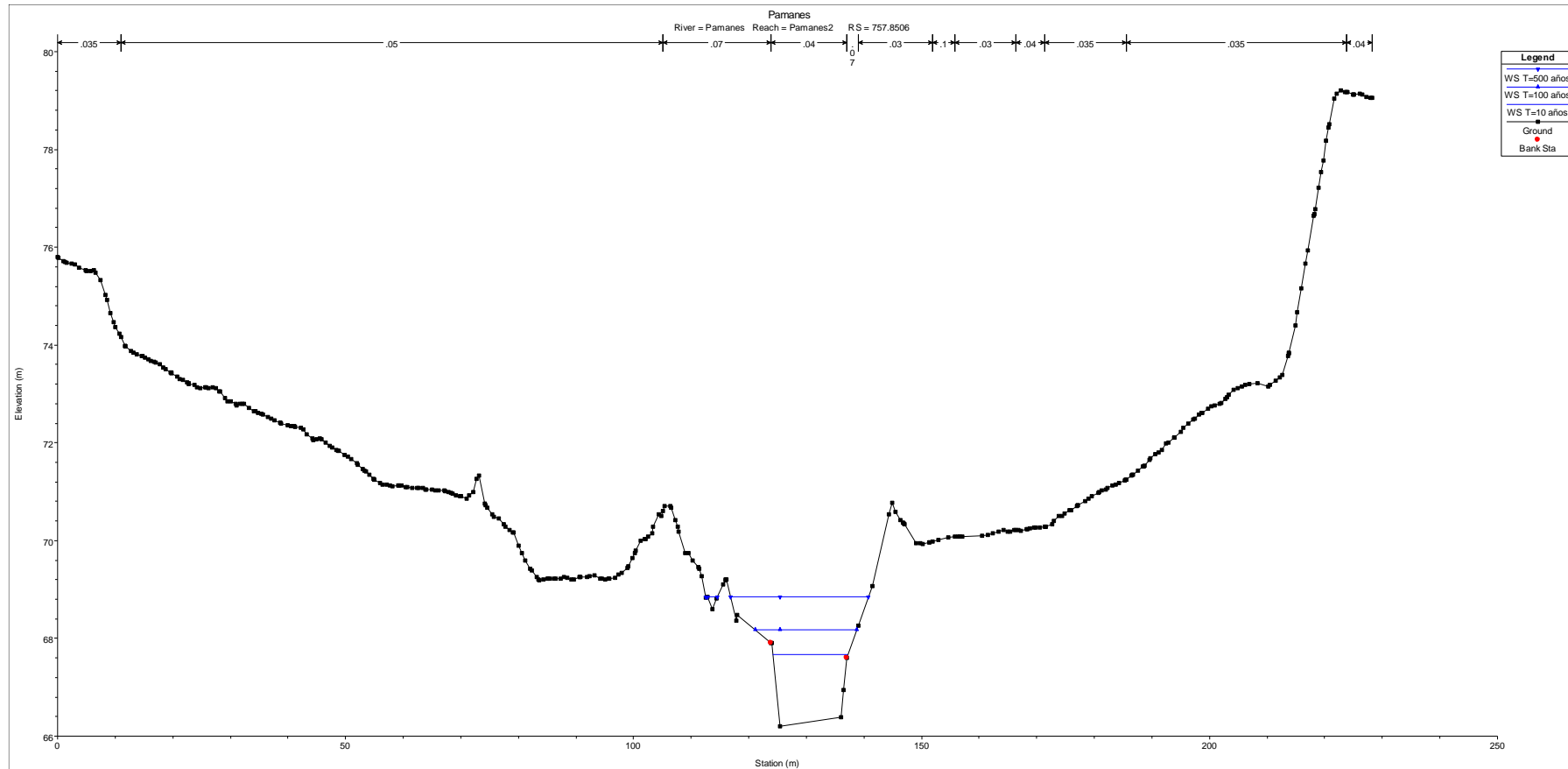


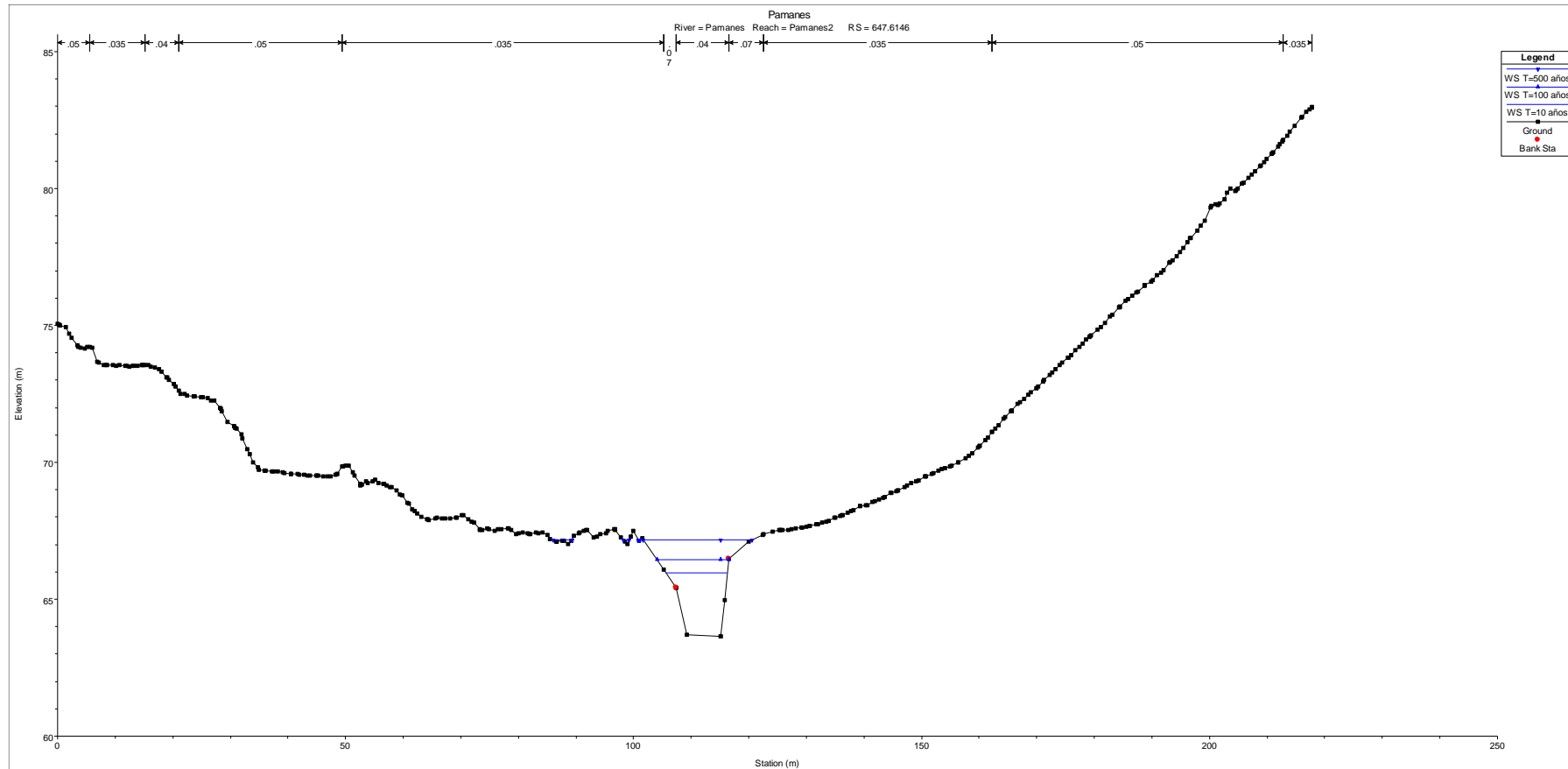


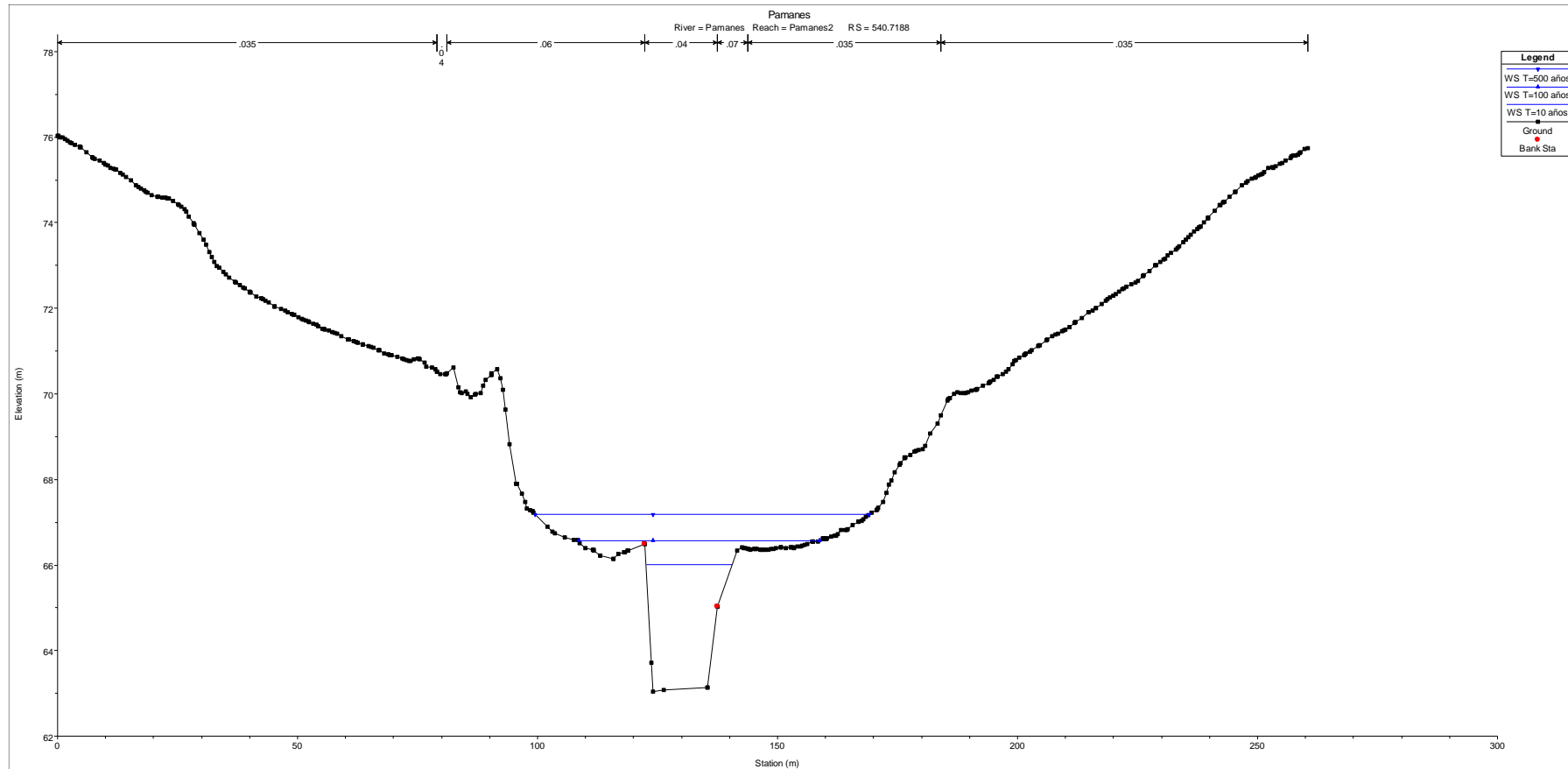


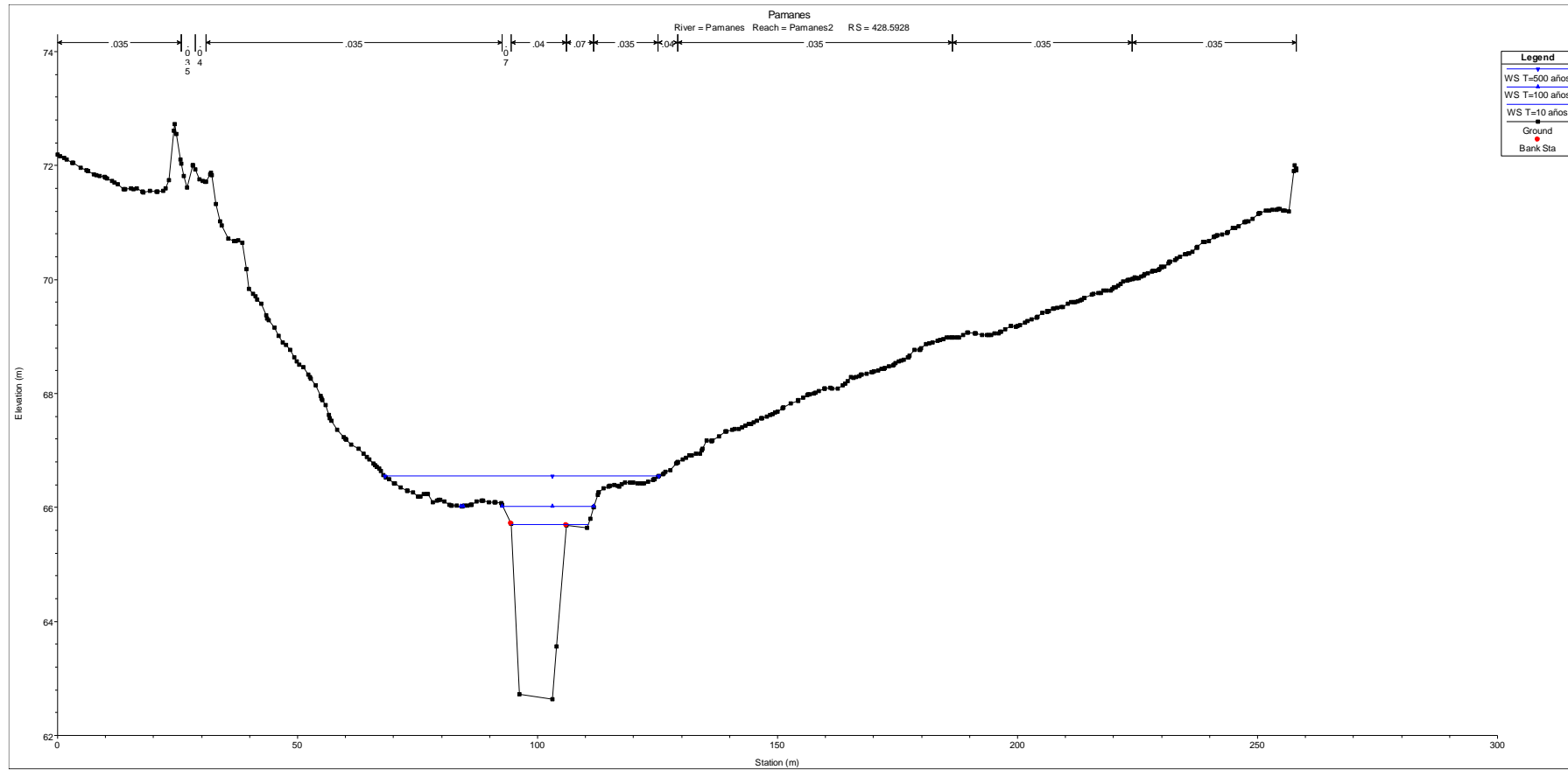


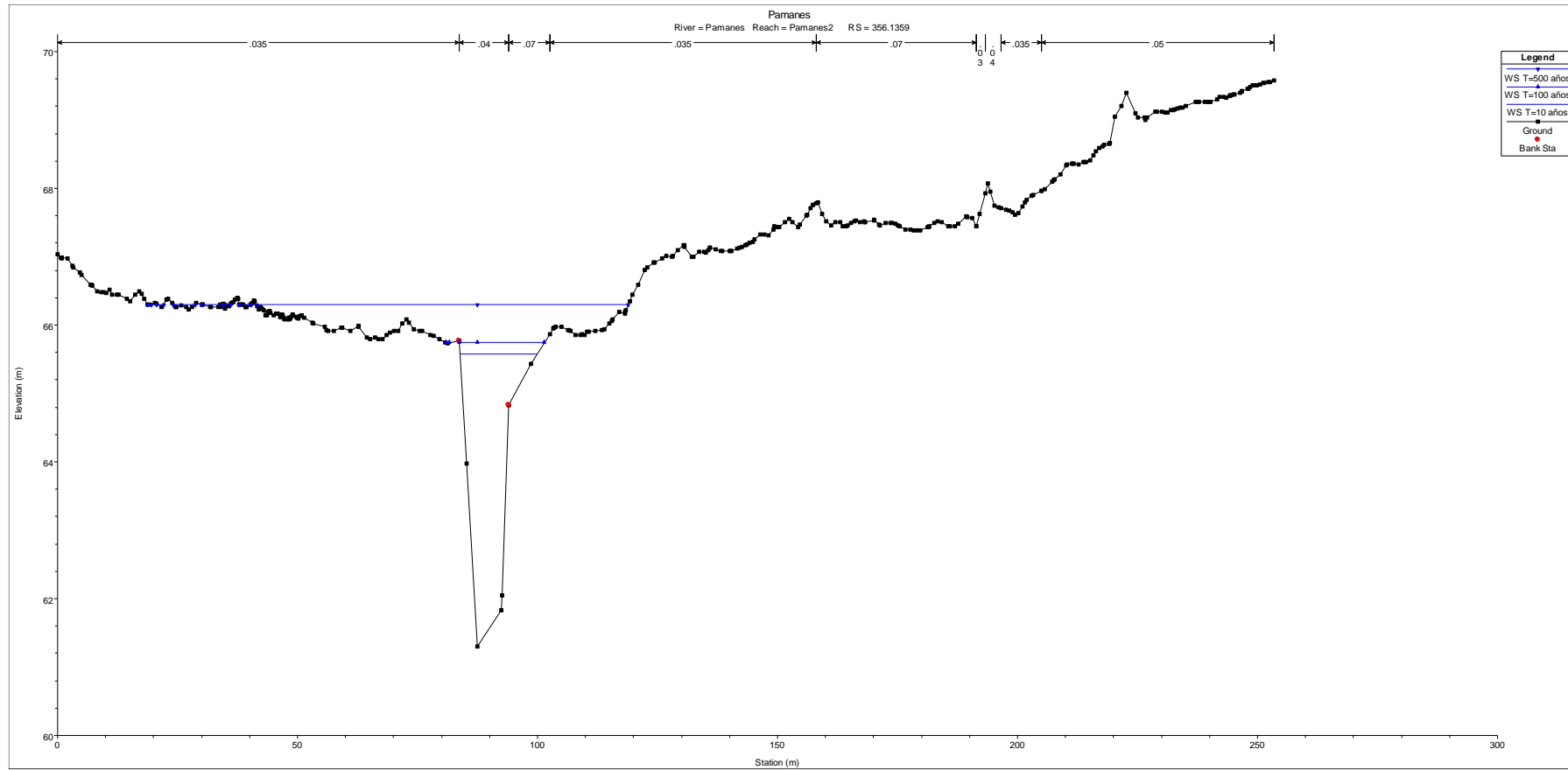


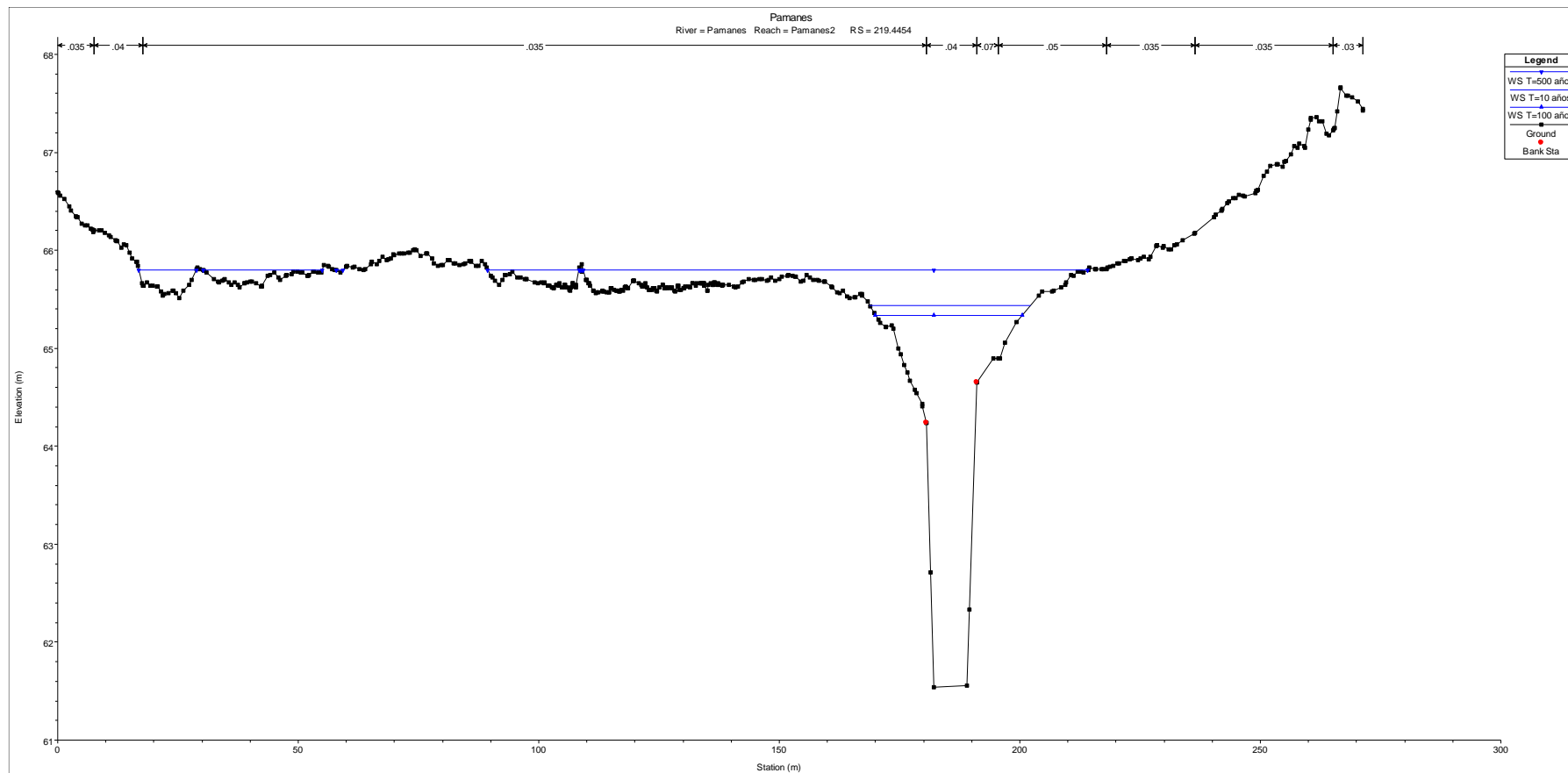


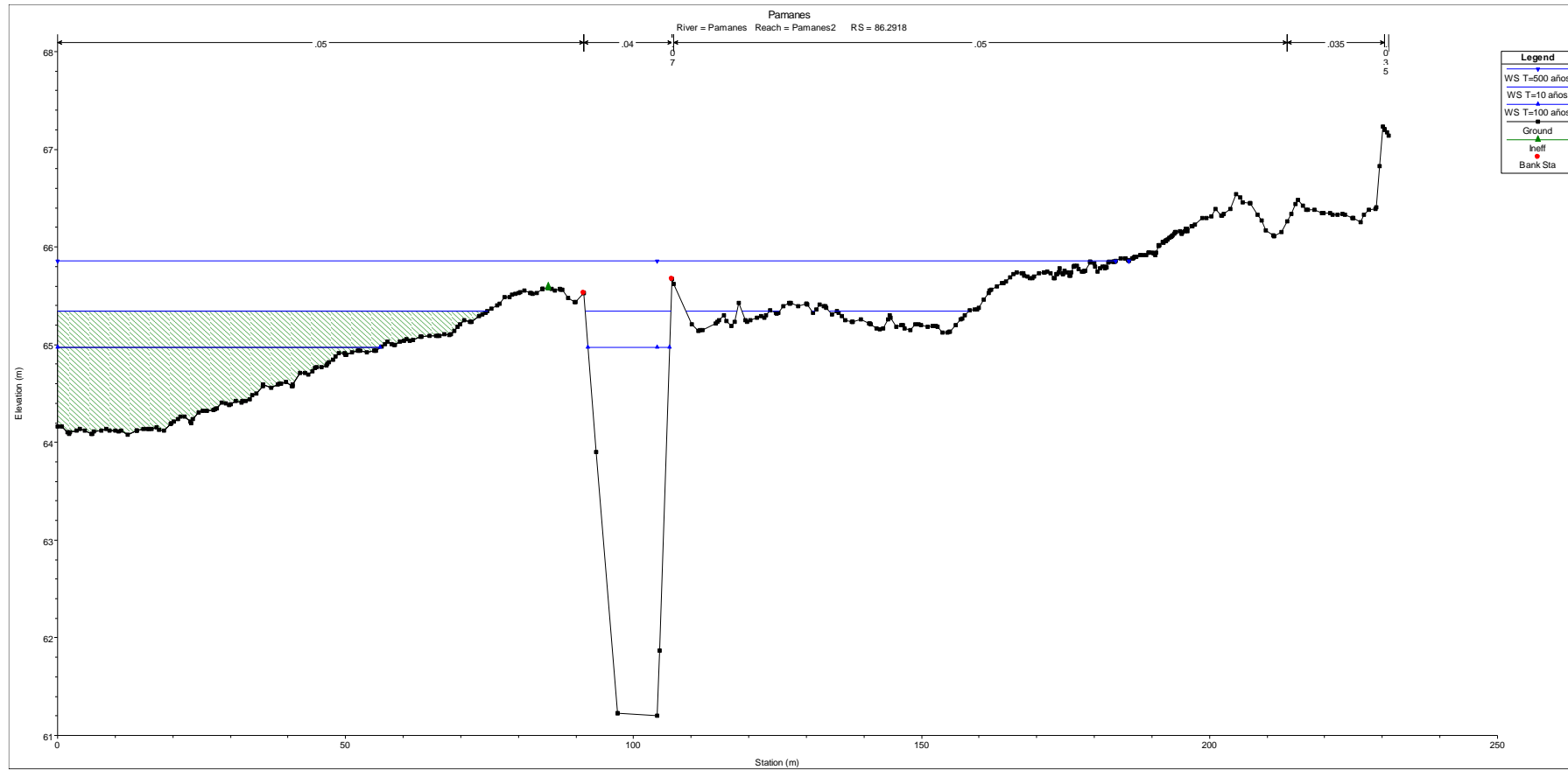


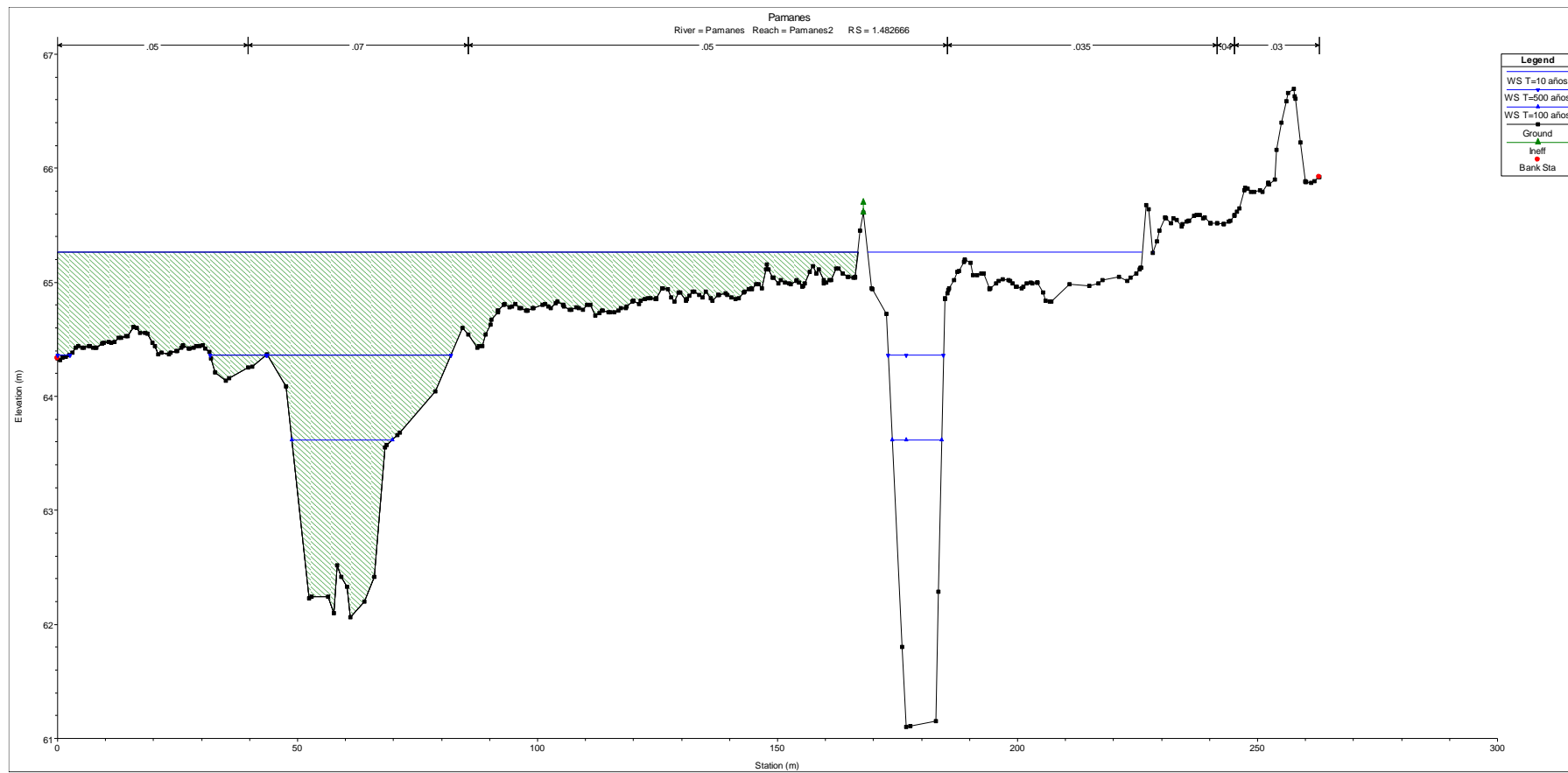














Las tablas que se disponen a continuación representan los metros medidos desde el borde izquierdo del cauce, de aguas arriba a aguas abajo, tanto para la Vía de Intenso Desagüe como para la Zona de Graves Daños. En verde aparecen las medidas consideradas para la formación de la Zona de Flujo Preferente.

Todo esto para cada uno de los tres tramos considerados.

Pámanes 1					
Perfil	VID			ZGD	
656.8341	21.23	43.45		27.46	39.96
607.8556	63.72	73.47		63.72	73.47
517.0869	59.54	72.26		58.2	72.26
447.0509	14.37	23.41		12.39	23.38
370.2555	10.39	24.52		10.66	24.52
273.5228	30.73	43.08		25.95	43.08
218.4863	38.43	52.45		34.37	75.25
160.3911	46.2	55.38		47	55.2
117.2557	44.52	57.61		41.04	57.49
100 BR					
99.41447	36.67	49.34		30.4	49.26
63.91956	26.06	38.41		26.26	36.84
1.046529	9.09	37.3		8.13	36.84



Pámanes 2				
Perfil	VID		ZGD	
1644.826	1.81	30.01	1.9	35.8
1594.887	59.38	70.89	59.38	70.18
1546.582	67.57	90.4	68.15	87.04
1497.952	31.09	48.8	31.09	48.74
1386.855	10.18	27.97	6	31.5
1351.176	32.55	46.46	20.8	46.46
1350 BR				
1339.68	34.86	45.42	24.85	45.34
1309	24.24	36.57	23	36.57
1235.07	9.73	19	9.73	19
1181.474	36.22	49.75	34.3	49.72
1149.54	101.71	131.93	106.66	126.84
1131 BR				
1130.215	41.98	72.2	48.92	69.23
1037.845	67.75	79.63	60.58	79.33
970.4534	78.4	95.21	78.4	94
847.0281	100.32	117.68	80.43	116.21
757.8506	123.92	136.97	123.92	136.97
647.6146	107.41	116.53	104.07	116.51
540.7188	122.39	137.53	122.39	139.25
428.5928	94.48	106	94.48	106
356.1359	83.62	93.96	83.64	93.96
219.4454	180.67	191.02	176.33	191.02
86.2918	91.37	106.65	92.13	106.25
1.482666	130	230	173.9	184.24



	Sierra Llana			
Perfil	VID		ZGD	
1777.63	0	90.91	37.51	42.53
1670.189	54.57	58.76	54.67	58.43
1575.191	57.75	62.72	57.75	62.72
1551.228	51.96	88.84	52.4	97.25
1550 BR				
1544.722	53.34	100	53.6	55.5
1507.18	67.52	85	67.6	99.14
1426.952	92.02	96.35	92.08	96.35
1322.506	55.27	57.97	54.53	59.93
1263.699	40	65	54.13	55.68
1229.83	40	80	31.4	58.72
1225 BR				
1222.374	55.41	58.53	55.42	59.98
1188.66	53.75	59.42	54.53	59.42
1073.313	57.5	68.56	58.21	65.72
973.343	77	83.62	80.43	83.62
880.3342	22.51	31.08	21.66	40.35
826.7361	15.14	46.92	40.05	45.05
817.9828	0.18	13	1.18	6.66
810 BR				
806.3665	9.2	22.01	6.8	15.65
787.2325	15.46	21.51	15.88	19.17
756.8745	23.02	34	23.68	28.85
750 BR				
748.1702	5	32	19.23	23.36
728.134	16.57	27.19	23.65	27.19
693.288	31	62	37.49	66.576
631.8001	30	69.06	35.47	71.91
622.0207	32.53	61.18	33.16	64.36
620 BR				
617.7637	30.17	58.82	30.17	64.88
592.8076	33.73	69.62	33.79	74.86
590 BR				



586.8809	32.58	68.47		32.58	74.8
559.7437	33.92	72.13		33.92	81.05
551.5488	9.81	17.81		5.75	16.88
540 BR					
539.6607	12	20		14.92	19.43
507.6691	3.4	5.94		3.73	7.25
460.855	49.66	53.22		49.74	53.22
351.8817	24.31	29.41		24.05	28.43
246.6903	6.25	10.43		6.25	10.43
194.5667	31.14	34.98		31.19	34.62
121.2047	16	28.15		28.81	28.14
91.8515	53.91	91		72.32	74.14
90 BR					
81.62895	54.52	87.06		72.08	75.59
62.81404	24.33	51.88		27.9	47.44
42.48616	16	50		8.2	36.9
30 BR					
25.38152	25.26	28.88		25.38	28.79
0.790919	0	39.11		2.7	30.8